



A.D. MDLXII

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

**SCUOLA DOTTORALE IN DIRITTO ED ECONOMIA
DEI SISTEMI PRODUTTIVI
XXIII CICLO**

**LA CRISI DEI MUTUI *SUBPRIME*
E LE SUE IMPLICAZIONI NELLA GESTIONE E
REGOLAMENTAZIONE DEL RISCHIO**

Direttore: Ch.mo Prof. Michele Comenale Pinto

Tutor: Ch.mo Prof. Marco Vannini

**Tesi di Dottorato del Dott.
Alessandro Fiori**

A.A. 2009-2010

INDICE

Parte I

Cornice storica e teorica dei concetti di probabilità e rischio

CAPITOLO 1. PROBABILITÀ, RISCHIO E BOLLE FINANZIARIE

1.1 La nascita del concetto di rischio nelle assicurazioni	p. 2
1.2 La teoria classica delle probabilità	p. 6
1.3 Dalla teoria degli errori all'approccio frequentista	p. 9
1.4 Primo sviluppo della letteratura nel campo dell'Economia Finanziaria	p. 11
1.5 La teoria assiomatica delle probabilità	p. 14
1.6 La stima delle probabilità nell'approccio soggettivista	p. 17
1.7 Le martingale e il calcolo stocastico	p. 18
1.8 Martingale, arbitraggio e probabilità neutrale al rischio	p. 22
1.9 Il Teorema fondamentale della Finanza	p. 27
1.10 La teoria delle bolle in Economia e Finanza	p. 29

CAPITOLO 2. BASI TEORICHE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO

1.2 Teoria degli investimenti: valore netto e opzioni reali	p. 35
2.2 La teoria di portafoglio e il concetto di rischio finanziario	p. 41
2.3 La concezione del rischio nella disciplina assicurativa	p. 48
2.4 Il rischio sistemico e la sua importanza per il sistema finanziario	p. 53

Parte II

Le crisi bancarie del passato

CAPITOLO 3. LA CRISI DEL 1929

- 3.1 Dalla tulipano-mania alla crisi del 1929p. 56
3.2 Quadro teorico di riferimento: keynesiani e monetaristi p. 61
3.3 La teoria della deflazione del debito di Fisher p. 64

CAPITOLO 4. LE LEZIONI NON RECEPITE: CRISI EMBLEMATICHE RECENTI DI ORIGINE BANCARIA

- 4.1 *Savings and Loan Debacle* p. 68
4.2 Crisi di Finlandia e Svezia del 1990-1992 p. 70
4.3 I “decenni perduti” dell'economia giapponese p. 71
4.4 Similarità tra politica monetaria giapponese e crisi attuale ...p. 73
4.5 Problemi di merito di politiche monetarie non
convenzionali p. 76

Parte III

La crisi dei mutui *subprime* negli Stati Uniti

CAPITOLO 5. LE CAUSE DELLA CRISI

- 5.1 Origini della crisi p. 79
5.2 Il fenomeno del *regulatory arbitrage* p. 82

5.3 Il regime di <i>self-regulation</i> delle banche di investimento	p. 84
5.4 Dalla bolla del mercato NASDAQ a quella del settore immobiliare	p. 87
5.5 La nascita del sistema bancario ombra	p. 88
5.6 Il modello <i>originate to distribute</i>	p. 91
5.7 Asimmetrie informative del sistema bancario ombra.....	p. 93
5.8 Azzardo morale, conflitti di interesse e il problema di agenzia	p. 96
5.9 Il fenomeno del <i>predatory lending</i>	p. 98
5.10 Il ruolo del <i>fair value</i> nel portare i debiti fuori bilancio	p. 99
5.11 Copula gaussiana ed errori di valutazione dei titoli	p. 101
5.12 Crisi di fiducia e crisi di liquidità	p. 102

CAPITOLO 6. L'EVOLUZIONE DELLA CRISI

6.1 Scoppio della bolla immobiliare	p. 104
6.2 Dalla crisi di fiducia al <i>credit crunch</i>	p. 107
6.3 Il collasso dell'industria dei <i>mutui subprime</i>	p. 111
6.4 Contagio del sistema bancario tradizionale	p. 113

CAPITOLO 7. LE CONSEGUENZE DELLA CRISI

7.1 Gli interventi delle banche centrali	p. 118
7.2 L'intervento del governo USA per il salvataggio del settore finanziario	p. 121
7.3 Gli interventi dei governi europei	p. 124
7.4 Estensione della crisi al debito sovrano in Europa	p. 127

CAPITOLO 8. PREVEDIBILITÀ DELLA CRISI: REALTÀ E FALSI MITI

8.1 Segnalazioni della pericolosità del sistema finanziario	p. 131
8.2 Un falso mito riguardo alla crisi	p. 134

CAPITOLO 9. NUOVE PROSPETTIVE PER LA REGOLAMENTAZIONE DEL RISCHIO NEL SETTORE BANCARIO

9.1 Storia delle norme di Basilea	p. 137
9.2 Accordi di Basilea I	p. 139
9.3 Accordi di Basilea II	p. 143
9.4 Determinazione dei requisiti minimi patrimoniali secondo Basilea II	p. 146
9.4.1 Determinazione delle esposizioni creditizie	p. 147
9.4.2 Requisito di capitale dovuto al rischio di mercato	p. 148
9.4.3 Requisito di capitale dovuto al rischio operativo	p. 150
9.5 Implementazione di Basilea II negli ordinamenti nazionali...	p. 151
9.6 Limiti di Basilea II	p. 152
9.7 Basilea III	p. 154

CONCLUSIONI	p. 158
--------------------------	--------

BIBLIOGRAFIA	p. 167
---------------------------	--------

APPENDICE	p. 184
------------------------	--------

Parte I

Cornice storica e teorica dei concetti di probabilità e rischio

1. Probabilità, rischio e bolle finanziarie

Sommario: 1.1 La nascita del concetto di rischio nelle assicurazioni. 1.2 La teoria classica delle probabilità. 1.3 Dalla teoria degli errori all'approccio frequentista. 1.4 Primo sviluppo della letteratura nel campo dell'Economia Finanziaria. 1.5 La teoria assiomatica delle probabilità. 1.6 La stima delle probabilità nell'approccio soggettivista. 1.7 Le martingale e il calcolo stocastico. 1.8 Martingale, arbitraggio e probabilità neutrale al rischio. 1.9 Il Teorema fondamentale della Finanza. 1.10 La teoria delle bolle in Economia e Finanza.

1.1 La nascita del concetto di rischio nelle assicurazioni

Storicamente, l'analisi del rischio nella sfera finanziaria si è sviluppata lungo due direttive ben definite: le assicurazioni e l'analisi di portafoglio.

Le assicurazioni hanno svolto un ruolo fondamentale per lo sviluppo delle società e delle economie.¹ La loro origine è antichissima: si possono infatti rintracciare dei profili di trasferimento del rischio tra individui già tra le prime società preistoriche nella costituzione di aggregazioni sotto forma di tribù, come garanzia sociale del gruppo. Nelle economie dette naturali o non monetarie, l'assicurazione viene effettuata tra individui e famiglie secondo il principio solidaristico della mutua assistenza. Ad esempio, se una capanna venisse distrutta dal maltempo, gli altri membri della comunità aiuterebbero la famiglia colpita nell'opera di ricostruzione. In tal modo chi offre l'aiuto si

¹ Per un approfondimento si veda anche: Bernstein, P. (2002), *Più forti degli dei: la straordinaria storia del rischio*, Il Sole-24 ore, Milano.

"guadagna" il diritto a riceverne altrettanto in caso subisse in futuro un'eventuale calamità. Questo tipo di protezione è ancora diffusa laddove gli strumenti finanziari della moderna economia monetaria non hanno trovato piena diffusione.²

La nascita delle assicurazioni in una economia monetaria è strettamente legata allo sviluppo dei traffici commerciali su lunghe distanze. Le prime tipologie di assicurazione che trovano pieno sviluppo sono infatti quelle marittime, già praticate nelle antiche civiltà orientali, mesopotamiche e mediterranee.

I mercanti greci e latini che finanziavano le proprie spedizioni con prestiti, erano soliti pagare al creditore una somma addizionale in cambio della sua garanzia a cancellare il debito qualora il carico fosse rubato o andasse perso in mare. Nel medioevo, le repubbliche marinare estendono tali pratiche e le codificano.

Nel X secolo nella repubblica di Amalfi, i rapporti tra proprietari di navi, mercanti e marinai vengono codificati nelle cosiddette "Tavole amalfitane". Tali tavole divengono nei secoli a venire il codice marittimo e commerciale dell'intero Mediterraneo.³

Nel XII secolo, si diffonde nella Repubblica di Venezia il "contratto di colleganza" col quale due mercanti si associano per condividere i rischi e i profitti di una spedizione commerciale. In particolare, il

2 La diffusione di pratiche di mutua assicurazione in luogo di analoghi strumenti finanziari non necessariamente trova origine in lacune di mercato, ma può anche derivare da fenomeni culturali profondamente radicati. Si pensi ad esempio all'antichissima tradizione sarda de "*sa paradura*" (la riparazione), tutt'ora praticata, in cui ciascun allevatore della comunità dona un capo di bestiame al pastore che abbia perduto per vari motivi il gregge.

3 Ceccoli, P. (2006), *Il capitalismo*, Demetra, Firenze.

mercante navigatore (*procertans*) effettua materialmente la spedizione commerciale via mare e conferisce una quota minoritaria di capitale mentre il mercante capitalista (*stans*) concorre col conferimento della quota di capitale restante. Se la nave o il cargo andasse perduto non vi sarebbe alcun obbligo di risarcimento reciproco, mentre in caso di successo il profitto verrebbe diviso in parti uguali. In tal modo, il rischio dello *stans* risulta minore rispetto al semplice prestito, in quanto viene compensato dal conferimento del *procertans*, mentre quest'ultimo può ottenere un utile maggiore per via del conferimento di capitale e lavoro.⁴ All'uso della colleganza si intrecciano in seguito altri istituti che mirano similmente alla ripartizione del rischio ma attraverso forme differenti, secondo le diverse origini nel Mediterraneo.

A partire dal XIII secolo iniziano a svilupparsi le borse mercantili e quelle valori, prima in Italia (Pisa, Genova e Firenze) poi nelle Fiandre (Bruges, Amsterdam, Anversa) e nel resto d'Europa. Inizialmente vengono scambiate merci e titoli di stato, poi anche quote di società e obbligazioni. Dalle cronache della celebre tulipano-mania, o bolla dei tulipani, possiamo sapere che già nel XVII secolo presso la borsa di Amsterdam vengono scambiati regolarmente strumenti derivati quali i contratti a termine e le opzioni; per tale categoria di titoli risultano inoltre già diffuse tra gli operatori pratiche di gestione del rischio quali la valutazione dell'opzione in base al prezzo del sottostante e la copertura delle posizioni (*hedging*) secondo la relazione nota come *put-*

4 Cessi, R., "Note per la storia delle Società di Commercio nel medio evo in Italia", *Rivista Italiana per le Scienze Giuridiche*, Vol. 59, 1917, disponibile su: www.archive.org/details/noteperlastoriad00cess.

call parity.⁵

Nel XIV secolo a Genova si sviluppa il primo mercato assicurativo marittimo, seguito in breve da quello di Firenze. Le polizze possono essere stipulate liberamente (sono quindi slegate dall'accensione di finanziamenti) e i premi variano a seconda di stime intuitive dei rischi di maltempo, pirati e guerre.

Le assicurazioni marittime ottengono largo successo e diffusione anche nel Nord Europa. Abbiamo notizia che nel tardo XVII secolo, mercanti, armatori e marinai dell'Impero britannico sono soliti incontrarsi alla caffetteria di Edward Lloyd, a Londra, per discutere le novità sui movimenti delle navi e siglare contratti. Ben presto il *Lloyd's of London* diventa il principale mercato assicurativo dell'Impero britannico, tutt'ora il più antico al mondo ancora in attività. Ciascun membro, sia esso un individuo (detto gergalmente *name*) o una entità giuridica, può scegliere di aderire a un *risk pool* per una quota. In tal modo i tanti *names* che costituiscono il *pool* si spartiscono il premio della polizza assicurativa, impegnandosi a indennizzare proporzionalmente l'assicurato, fino al massimale predeterminato, qualora questi subisca una perdita per il verificarsi dell'evento rischioso.

L'evoluzione dei mercati finanziari porterà al pieno sviluppo nel XIX secolo di settori assicurativi che operano nel ramo danni e nel ramo vita e, in quest'ultimo, la contemporanea attività di compagnie assicurative ed enti previdenziali.

5 De la Vega, J. (1688) *Confusión de Confusiones*, cit. in: Haug, E.G., Taleb, N.N. (2008) "Why we have never used the Black-Scholes-Merton option pricing formula", *Wilmott Magazine* 1, pp. 72-79.

1.2 La teoria classica delle probabilità

L'origine del termine probabilità deriva dal latino *probabilis*, che vuol dire plausibile, verosimile, credibile. La prima apparizione del termine nelle scienze sociali si ha con la traduzione latina dei *Topici* di Aristotele, dove viene usata per indicare l'*endoxa* (in greco: *ένδοξα*) ossia le opinioni generalmente accettate come vere dai saggi, dai filosofi e/o dal pubblico comune.

Il termine continuerà a essere associato al significato di verosimiglianza di un'opinione fino alla metà del XVII secolo quando, con l'emergere della nozione di probabilità matematica, assume il significato odierno, associato all'azzardo e al rischio.

La comparsa del moderno concetto di probabilità può essere fatta risalire alla corrispondenza sul tema tenuta da Blaise Pascal e Pierre de Fermat nel 1654.⁶ Tre anni dopo Christiaan Huygens formalizza nel *De ratiociniis in ludo aleae* la nozione di speranza matematica. La speranza matematica o utilità attesa di un singolo evento è il prodotto del guadagno che si spera di ottenere con il verificarsi dell'evento, per la probabilità che tale evento si verifichi. Nel caso di una pluralità di esiti di un certo tipo di evento, la speranza matematica è la media ponderata dei valori che si ottengono moltiplicando le probabilità dei vari esiti per il guadagno sperato da ciascuno di essi. Vengono così introdotti per la prima volta due concetti che daranno in seguito origine a scuole di pensiero differenti riguardo la probabilità. Il primo è la concezione della

⁶ Analisi elementari sulla probabilità furono condotte prima di loro da Girolamo Cardano, a metà del XVI secolo nel suo *Liber de ludo aleæ*, e da Galileo Galilei.

probabilità come rapporto tra il costo di una scommessa e il suo guadagno atteso, e verrà sviluppato pienamente dalla corrente novecentesca nota come soggettivista. Il secondo concetto è l'uso della media campionaria per descrivere fenomeni statistici quali, ad esempio, la lunghezza di vita media o la statura media di un gruppo di individui. Da ciò deriva la visione cosiddetta frequentista della probabilità, secondo cui corrisponde alla misura delle frequenze statistiche oggettive di un fenomeno.

Nello stesso periodo, la scienza statistica conosce un primo sviluppo. Ciò avviene sulla spinta degli interessi economici delle compagnie di assicurazione, cui preme conoscere con esattezza la speranza matematica dell'evento assicurato al momento della stipula della polizza. Nel 1693 Edmund Halley pubblica le tavole di mortalità della città di Breslavia⁷, usate nella vendita di rendite vitalizie in Inghilterra per calcolare premi differenti a seconda dell'età del contraente. È questo uno dei primi esempi concreti di convergenza tra le discipline di demografia, statistica, teoria delle probabilità e pratica assicurativa.

Grande impulso allo studio della probabilità come disciplina scientifica viene dalla scuola dei matematici francesi. Nel 1713 viene pubblicata postuma la *Ars Conjectandi* di Jacques Bernoulli, contenente la nozione di variabile casuale e una prima versione della legge dei grandi numeri. Nel 1718, Abraham de Moivre in *The Doctrine of Chance* sviluppa

⁷ Le tavole vennero elaborate in base alle rilevazioni statistiche effettuate da Caspar Neumann. L'opera di Halley fa seguito ad una più primitiva analisi condotta dal demografo John Graunt nel 1662.

l'analisi combinatoria e definisce l'indipendenza stocastica usando le probabilità.⁸ Nelle edizioni successive del testo, egli presenta il teorema del limite centrale (secondo cui la somma di variabili casuali indipendenti e identicamente distribuite tende a una distribuzione normale) per il caso particolare di distribuzione binomiale.

Nel 1764 viene pubblicato postumo il trattato *Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chance* dell'inglese Thomas Bayes, dove egli descrive la distribuzione di probabilità "a posteriori" di una legge binomiale, cioè condizionata dal verificarsi di un evento. La relazione, nota come legge di Bayes, viene ulteriormente sviluppata da Pierre Simon Laplace nel 1774⁹ ed è valida quale che sia l'interpretazione data alla probabilità: frequentista, soggettiva o logica. Il suo utilizzo in statistica ha dato origine alla cosiddetta inferenza bayesiana impiegata per stimare o revisionare la probabilità che una ipotesi sia vera.

Il contributo di Laplace si estende alla piena formalizzazione del concetto classico di probabilità, secondo cui la probabilità di un evento è il rapporto tra i casi favorevoli al suo verificarsi e i casi possibili, purché egualmente possibili. Per evitare di incorrere in una definizione circolare, l'equipossibilità viene definita in termini logici e non probabilistici, secondo il principio di indifferenza o di ragione

8 "[...] if a Fraction expresses the Probability of an Event, and another Fraction the Probability of another Event, and those two Events are independent; the Probability that both those Events will Happen, will be the Product of those Fractions.", in:

Moivre, A. de (1718) *The doctrine of chances: or, a method of calculating the probabilities of events in play*, printed by W. Pearson, London, p. 4.

9 Laplace, P. S. (1774). "Mémoire sur la Probabilité des Causes par les Événements." *Mémoires de Mathématique et de Physique Présentés à l'Académie Royale des Sciences, Par Divers Savans, & Lûs dans ses Assemblées*, Vol. 6, pp. 621-656.

insufficiente. La determinazione delle probabilità risulta così una procedura aprioristica, fonte di paradossi e generalmente problematica al di fuori dei giochi d'azzardo. Vi è inoltre un problema di soggettività, per cui individui diversi potrebbero non concordare all'atto pratico sul giudizio di indifferenza relativo alle diverse alternative aleatorie disponibili.

1.3 Dalla teoria degli errori all'approccio frequentista

Nella seconda metà del XVIII secolo e con iniziale riferimento agli studi astronomici, appare sempre più chiaro il vantaggio di combinare più osservazioni di un evento.¹⁰ In precedenza si riteneva che all'aumentare del numero di rilevazioni gli errori si moltiplicassero più che compensarsi.

Nel 1806, in uno studio sulla traiettoria delle comete, Adrien-Marie Legendre descrive il metodo dei minimi quadrati per l'approssimazione di una funzione ai dati disponibili.¹¹ Nel 1809, nella sua *Theoria Motus Corporum Coelestium in Sectionibus Conicis Solum Ambientum*, Carl Friedrich Gauss indica la distribuzione normale¹² quale descrizione universale di come si distribuiscano gli errori di osservazione. Una più rigorosa

10 Stigler, S. M. (1986), *The History of Statistics: the measurement of uncertainty before 1900*, The Belknap Press of Harvard University Press, Harvard.

11 Carl Friedrich Gauss formalizzò il metodo dei minimi quadrati nel 1809, rivendicando di averlo scoperto e utilizzato già dal 1794. Ne seguì una polemica con Legendre che aveva pubblicato il medesimo principio nel 1806.

12 L'uso dei termini "curva gaussiana", "distribuzione gaussiana" e "legge di Gauss" con riferimento alla legge di distribuzione normale viene fatto risalire agli scritti di Karl Pearson dei primi del '900.

formalizzazione della legge degli errori verrà data un anno più tardi da Pierre Simon Laplace.

Nel 1835, nella sua *Recherchés sur la probabilité des jugements*, Siméon Denis Poisson presenta la distribuzione che prende il suo nome, nota anche come legge degli eventi rari per la sua attitudine a stimare le probabilità che un evento si ripeta in un intervallo di tempo.¹³

Con due lavori indipendenti rispettivamente del 1853 e del 1867, il francese Irénée-Jules Bienaymé e il russo Panuftij Čebyšëv sviluppano la diseguaglianza che prende il loro nome. Tale diseguaglianza definisce il limite superiore della probabilità che lo scarto di una variabile aleatoria rispetto al suo valore atteso sia maggiore o uguale a una costante positiva.

Nella seconda metà del XIX secolo, la Statistica teorica e applicata compie passi da gigante. Ne ricordiamo di seguito alcuni. Nel 1866, John Venn pubblica la *Logic of Chance*, un rilevante contributo allo sviluppo della statistica dove egli supporta l'interpretazione frequentista della probabilità. Nel 1880, Thorvald Thiele propone per lo studio delle serie storiche un processo stocastico che modella il cosiddetto moto browniano, ossia la diffusione nello spazio di particelle soggette a forze aleatorie. Nello stesso periodo Francis Galton introduce in statistica il concetto di correlazione, sviluppato successivamente da Karl Pearson e di fondamentale importanza per la gestione dei rischi finanziari.

13 Poisson, S.D. (1873) *Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et en matière civile : précédées des règles générales du calcul des probabilités*, Bachelier, Paris.

In questa stessa opera, Poisson conia il termine “legge dei grandi numeri” (in francese: *loi de grands nombres*) per indicare il teorema di Bernoulli.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Il progresso nelle discipline statistiche e la diffusione del metodo empirico spingono verso una ridefinizione oggettiva e verificabile della probabilità. Nella definizione frequentista, la probabilità di un evento risulta il limite a cui tende la sua frequenza relativa al crescere del numero degli esperimenti. La teoria viene pienamente formalizzata ai primi del '900 da Richard von Mises e Hans Reichenbach. Rimane tuttavia il problema della sua inapplicabilità a eventi non sperimentabili in condizioni di illimitata ripetibilità.

1.4 Primo sviluppo della letteratura nel campo dell'Economia Finanziaria

Le scoperte matematiche e probabilistiche del XIX secolo procedono di pari passo con lo sviluppo delle borse valori e mercantili europee. Quote societarie, titoli di debito, valute e merci vengono scambiate in tale periodo sia direttamente che mediante strumenti derivati quali contratti a termine e opzioni.

La prima analisi quantitativa e teorica dei mercati finanziari¹⁴ viene proposta nel 1863 da Jules Regnault nel *Calcul des Chances et Philosophie de la Bourse*.¹⁵ L'opera si basa sull'analisi statistica e probabilistica dei

14 Girlich ricorda altri tre libri pubblicati prima della tesi di Bachelier del 1900: MacLeod, 1866; Castelli, 1877; Edgeworth, 1888;. Esistono importanti differenze tra queste e l'opera di Regnault. I lavori di MacLeod e Edgeworth trattano di banche e non dei mercati finanziari. L'opera di Castelli è meramente descrittiva, contrariamente al *Calcul des Chances et Philosophie de la Bourse*.
Fonte: Girlich, H.J. (2002) *Bachelier's predecessors*, Working Paper, Universität Leipzig.

15 Un'analisi dettagliata del contributo di Regnault si trova in: Jovanovic, F., Le Gall, P. (2001) "Does God practice a random walk? The financial physics of a 19th Century forerunner, Jules Regnault" *European Journal for the History of Economic Thought*, Vol. 8, pp.332-362.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

titoli di stato francesi. Viene proposta l'analisi congiunta di rischio e rendimento attraverso due modelli aleatori, per le valutazioni a breve e a lungo termine. Il processo stocastico utilizzato è il *random walk* con distribuzione normale. Viene inoltre formalizzata la relazione tra deviazione standard dei rendimenti e la radice quadrata del tempo.

Quella di Regnault è la prima opera conosciuta di teoria finanziaria quantitativa in condizioni di incertezza, e può quindi essere considerata a tutti gli effetti come l'inizio della moderna teoria dell'economia finanziaria. Per l'approccio proposto, di carattere pratico, il trattato trova ampia e immediata diffusione nell'ambito professionale da cui l'autore proviene, ovvero tra gli agenti di borsa e gli attuari.¹⁶

La prima trattazione accademica della teoria dei mercati finanziari viene proposta nel 1900 dal matematico francese Luis Bachelier nella sua tesi dottorale *Théorie de la Spéculation*. Il trattato propone l'uso della matematica avanzata per la valutazione dei titoli e delle opzioni quotate alla Borsa di Parigi. In particolare, propone innovativamente un modello di moto browniano¹⁷ e suggerisce che gli incrementi di valore debbano risultare indipendenti e distribuiti normalmente (secondo il teorema del limite centrale e assumendo che le oscillazioni casuali di mercato siano

16 Sull'avanzato livello di conoscenze pratiche e teoriche raggiunto all'epoca dagli operatori di borsa si vedano anche: Nelson, S. A. (1904): *The A B C of Options and Arbitrage*, Nelson, New York, <www.archive.org/details/abcofoptionsarbi00nelsuoft>.

Higgins, L. R. (1902) *The put-and-call*, Wilson, London, <<http://www.archive.org/stream/putandcall00higggooog#page/n7/mode/1up>>.

17 Un primo modello di moto browniano viene proposto da Thiele nel 1880; è tuttavia con il modello di moto browniano proposto da Albert Einstein nel 1905 che tale processo stocastico acquisisce immediatamente larga influenza nel campo delle scienze.

senza memoria). Ulteriori studi lo portano a teorizzare i concetti di *drift* e di coefficiente di diffusione del valore di titoli quotati descritti da un moto browniano; approfondisce inoltre i processi stocastici markoviani¹⁸. L'approccio di Bachelier è soprattutto intuitivo e pratico, non perfettamente rigoroso dal punto di vista matematico ma comunque corretto. La tesi non viene pienamente apprezzata dagli ambienti accademici, incluso il suo mentore Henry Poincaré. Bachelier non riceve un pieno riconoscimento del proprio lavoro anche perché dedicarsi agli studi finanziari viene ritenuto poco decoroso dai principali matematici suoi contemporanei.

Nel 1908 il matematico triestino Vincenzo Bronzin, propone¹⁹ un modello di valutazione delle opzioni che replica similmente e con oltre mezzo secolo di anticipo, il ben più celebre modello di Black-Scholes-Merton²⁰ (BSM). Ogni elemento della moderna teoria dei derivati vi è considerato: misura della probabilità a martingale equivalenti, valutazione neutrale al rischio, assenza di arbitraggio, immunizzazione perfetta del portafoglio, *put-call parity*. La differenza principale tra il modello di Bronzin e quello BSM sta nelle assunzioni sulla distribuzione di probabilità del prezzo futuro del titolo sottostante:

18 Tali processi prendono il nome dal matematico russo Andrej Andreevič Markov (padre). Sono caratterizzati dal non avere memoria; in altri termini, la probabilità di transizione che determina il passaggio ad uno stato del processo dipende unicamente dallo stato assunto immediatamente prima e non dal come si è giunti a tale stato.

19 Bronzin, V. (1908) *Theorie der Prämien-geschäfte*, cit. in: Hafner, W., Zimmermann, H. (2007) "Amazing discovery: Vinzenz Bronzin's Option Pricing Models", *Journal of Banking and Finance*, Vol. 31, pp. 531-546.

20 Utilizzando la terminologia finanziaria corrente, intendiamo per modello di Black-Scholes-Merton la tipologia di modelli formalizzati in Black, Scholes (1973) e in Merton (1973).

nel primo si assume abbia una distribuzione normale, nel secondo una distribuzione log-normale.²¹ In altri termini, entrambi assumono che il prezzo futuro del titolo segua un moto browniano: di tipo aritmetico secondo Bronzin (e, precedentemente, Bachelier), di tipo geometrico secondo Black-Scholes-Merton.

L'approccio di Bronzin è fortemente pragmatico, per via della prevalente destinazione del testo quale manuale tecnico per gli operatori della fiorente industria bancaria e assicurativa di Trieste. Dopo una breve circolazione in ambito professionale cade tuttavia nel dimenticatoio. Tale destino è purtroppo comune a quello delle opere di Bachelier e Regnault; le cause sono soprattutto l'approccio non convenzionale, le lingue utilizzate (francese e tedesco) e la difficoltà di circolazione della conoscenza anche a seguito delle due guerre mondiali.

1.5 La teoria assiomatica delle probabilità

Tra il 1874 e il 1922 avviene l'elaborazione della teoria degli insiemi, su forte impulso iniziale di Georg Cantor e grazie alla rigorosa formalizzazione assiomatica di Ernst Zermelo e Abraham Fraenkel. Definita la cornice teorica, si pone con sempre maggiore insistenza il problema di quali insiemi siano misurabili. La nozione di misura può essere vista come una generalizzazione dei concetti di lunghezza (con riferimento alla retta), di spazio (con riferimento al piano cartesiano) e

²¹ Wolfgang Hafner e Heinz Zimmermann dimostrano formalmente come dalla formula di Bronzin si possa pervenire a quella di Black-Scholes-Merton assumendo l'ipotesi di log-normalità del prezzo del sottostante. Fonte: Hafner, W., Zimmermann, H. (2007) "Amazing discovery ... op. cit.

di volume (con riferimento allo spazio tridimensionale). In risposta al problema viene teorizzata, a cavallo tra i due secoli, la cosiddetta σ -algebra cui dà un impulso fondamentale il francese Émile Borel.

La teoria della misura si rivela di fondamentale importanza per dare una cornice rigorosa a concetti già usati da tempo, quali il moto browniano e la stessa probabilità. Tra il 1902 e il 1930, Henri Lebesgue, Johann Radon e Otto Nikodym ridefiniscono i concetti di integrazione stocastica. Nel 1923, Norbert Wiener definisce e prova numerose proprietà del processo stocastico di moto browniano che, per il suo importante apporto, verrà anche chiamato in suo onore come processo di Wiener.

È in questa crescente attenzione verso la misurabilità che Frank Knight propone la dicotomia tra rischio e incertezza: si parla di rischio qualora vi siano elementi sufficienti per rappresentare gli eventi incerti mediante funzione di probabilità, mentre si parla di incertezza qualora non vi sia alcun dato che permetta di misurarli probabilisticamente.²²

Nel 1933, Andrej Nikolaevič Kolmogorov elabora una completa fondazione assiomatica della probabilità, che presenta nel trattato *Concetti fondamentali del Calcolo delle Probabilità* (in tedesco: *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*). La definizione assiomatica non è di carattere operativo e non fornisce indicazioni su come calcolare la probabilità; si pone quale fondamento teorico valido quale che sia il concetto di probabilità seguito: oggettivo o soggettivo.

²² Knight, F.H. (1921) *Risk, Uncertainty, and Profit*, Houghton Mifflin Company, Boston.

Alessandro Fiori, *La crisi dei mutui subprime e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio*.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Nello stesso periodo, Kolmogorov sviluppa la teoria dei processi stocastici markoviani e mostra come quelli in tempo continuo (tra i quali il moto browniano) dipendano essenzialmente da due parametri: la velocità di cambiamento (in Inglese: *drift*) e il coefficiente di diffusione, relativo alla dimensione degli scarti puramente casuali.²³ Inoltre, mette in relazione le distribuzioni di probabilità dei processi con le soluzioni di due equazioni differenziali parziali, che riesce a risolvere e che sono anche conosciute come l'equazione retrospettiva e quella prospettica²⁴ di Kolmogorov.

Kolmogorov pone le basi di due teorie che troveranno in breve ampio successo. La prima consiste nell'approccio soggettivista nella stima delle probabilità; viene sviluppata originariamente da De Finetti e Ramsey ed è basata sulla definizione assiomatica data da Kolmogorov. La teoria verrà ampiamente applicata in campo economico nella definizione delle funzioni soggettive di utilità e di probabilità.

La seconda consiste nella teoria delle martingale. Ha origine nella teoria di integrazione stocastica di Itô, fondata sulla analisi delle probabilità di transizione per i processi markoviani proposta da Kolmogorov. La teoria verrà ampiamente applicata in economia finanziaria, nella derivazione dei concetti di valore di mercato del rischio, del principio di non arbitraggio e del Teorema fondamentale della Finanza.

23 La pubblicazione fondamentale di Kolmogorov sui processi markoviani è: Kolmogorov, A.N. (1931) "Über die analytischen Methoden in der Wahrscheinlichkeitsrechnung", *Mathematische Annalen* 104, pp. 415-458.

24 L'equazione prospettica di Kolmogorov è anche conosciuta come equazione di Fokker-Planck.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

1.6 La stima delle probabilità nell'approccio soggettivista

La definizione soggettivista di probabilità trova origine nelle opere di De Finetti²⁵ e Ramsey²⁶: la probabilità di un evento è il prezzo che un individuo ritiene equo pagare per ricevere 1 se l'evento si verifica, 0 se l'evento non si verifica. Le probabilità degli eventi devono essere attribuite in modo tale che non sia possibile ottenere una vincita o una perdita certa. In altri termini, le credenze dell'individuo devono rispettare gli assiomi di Kolmogorov, di modo che l'individuo non possa essere "frodato" in una serie di scommesse tra eventi non transitivi (in Inglese: *Dutch book*).

La definizione soggettivista è applicabile a qualsiasi esperimento casuale, sia qualora gli eventi non siano ritenuti ugualmente possibili (limite della definizione classica), sia qualora l'esperimento non sia ripetibile sotto le stesse condizioni (limite della definizione frequentista).

La piena applicazione dell'approccio soggettivista nelle scelte in condizioni di incertezza avviene con gli assiomi di scelta razionale, teorizzati da John von Neumann e Oskar Morgenstern²⁷ e estesi da Leonard Savage²⁸. Pur essendo di facile e ampia applicabilità, tale

25 De Finetti, B. (1930) "Funzione caratteristica di un fenomeno aleatorio", *Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei*, mem. IV, fasc. V, pp. 86-133.

De Finetti, B. (1931) "Sul significato soggettivo della probabilità", *Fundamenta Mathematicae*, 17, pp. 298-329.

De Finetti, B. (1970) *Teoria della Probabilità*, Einaudi, Torino.

De Finetti, B. (1993) *Probabilità e Induzione*, Clueb, Bologna,
<<http://diglib.cib.unibo.it/diglib.php?inv=35>>.

26 Ramsey F.P. (1931) "Truth and Probability" in Ramsey F.P., (edited by) R.B. Braithwaite (2000) *Foundations of Mathematics and other Logical Essays*, Routledge, London, pp.156-198.

27 Von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton.

28 Savage, L. J. (1954) *The Foundations of Statistics*, John Wiley, New York.

impostazione si presta a numerosi paradossi: ricordiamo quelli di Allais²⁹ e di Ellsberg³⁰.

1.7 Le martingale e il calcolo stocastico

In campo probabilistico, le martingale sono una famiglia di processi stocastici integrabili che verificano determinate proprietà di speranza condizionale. Il loro uso è particolarmente indicato nel facilitare l'analisi matematica di processi stocastici più complessi. In particolare, l'uso delle martingale facilita l'analisi differenziale e l'integrazione per sostituzione nel calcolo stocastico. L'utilizzo delle martingale permette inoltre di effettuare delle assunzioni a priori sulla distribuzione condizionata del processo stocastico; di conseguenza rende possibile ottenere una buona approssimazione nel calcolo stocastico mediante un uso inferiore di variabili. Il vantaggio è evidente: all'aumentare delle variabili, diventerebbe estremamente difficile trattare un processo stocastico mediante analisi matematica. Tale problema è anche noto come maledizione della dimensione (in Inglese: *curse of dimensionality*) secondo la definizione proposta da Richard Bellman³¹ negli anni '60.

La teoria delle martingale si sviluppa a partire dai lavori di Kolmogorov degli anni '30. Il primo a utilizzare il termine martingala

29 Allais, M. (1953) "Le Comportement de l'Homme Rationnel Devant Le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de L'Ecole Americaine", *Econometrica*, Vol. 21, No. 4, pp. 503-546.

30 Ellsberg, D. (1961) "Risk, Ambiguity and Savage Axioms", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 75, No. 4, pp. 643-679.

31 Bellman, R. E. (1961) *Adaptive Control Processes*. Princeton University Press, Princeton.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

nella teoria delle probabilità è Jean Ville che nel 1939 mutua tale termine da un omonimo sistema di gioco d'azzardo.³² Contributi fondamentali alla teoria delle martingale arrivano tra gli anni '40 e '50 da Paul Lévy³³ e Joseph Leo Doob³⁴.

Un importante impulso all'utilizzo delle martingale nel calcolo stocastico avviene tra gli anni '40 e '50 grazie all'opera del giapponese Kiyoshi Itô. Partendo dalle teorie di Kolmogorov e Lévy, Itô ricostruisce il concetto di integrale stocastico e l'associata teoria di analisi; fonda quindi la teoria delle equazioni differenziali stocastiche per la descrizione del movimento di eventi aleatori.³⁵ Nel 1944, in piena guerra mondiale e mentre è ancora studente dottorale, pubblica nel medesimo volume dei *Proceedings of the Imperial Academy of Tokyo* ben sei articoli tra cui il fondamentale *Stochastic Integral*.³⁶ Il principale passo avanti portato da Itô rispetto ai predecessori può essere considerato la ricognizione del ruolo centrale dei processi stocastici a incrementi indipendenti e identicamente distribuiti.

Nel 1951³⁷ pubblica il suo più famoso risultato, noto come formula³⁸ di Itô. Il suo impiego è alla base del calcolo stocastico, con ampie

32 Ville, J. (1939) *Étude critique de la notion de collectif*, Gauthiers-Villars, Paris (Monographies des probabilités: calcul des probabilités et ses applications, 3).

33 Lévy, P., (1948) *Processus stochastiques et mouvement brownien*, Gauthiers-Villars, Paris.

34 Doob, J.L. (1953) *Stochastic Processes*, Wiley, New York.

35 Si veda anche: Itô, K. (1942) "On stochastic processes (Infinitely divisible laws of probability)", *Japanese Journal of Mathematics*, 18, pp. 261-301.

36 Itô, K. (1942) "Stochastic Integral", *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, 20, pp. 519-524.

37 Itô, K. (1951) "On a formula concerning stochastic differentials", *Nagoya Mathematical Journal*, 3, pp. 55-65.

38 Nel libro *Stochastic Integrals*, una delle prime opere didattiche sull'argomento, l'autore Henry McKean si riferisce a tale formula come *Itô's lemma* rendendo tale nomenclatura di uso comune. La storiografia matematica corrente tende tuttavia a preferire al termine "lemma" la notazione originaria e maggiormente qualificante di "formula".

applicazioni scientifiche. Attualmente tale risultato è anche citato come teorema di Itô-Döblin, dal matematico Wolfgang Döblin che per primo sviluppò una teoria simile pur essendo impossibilitato a pubblicarla.³⁹

La formula serve per calcolare il differenziale (cioè la variazione in un lasso di tempo infinitesimo) di determinate funzioni a variazione illimitata. Tali funzioni, dette processi di Itô, presentano incrementi indipendenti e sono definibili interamente dai parametri di direzione (in Inglese: *drift*) e di diffusione; nel campo della Finanza, possono rappresentare variabili quali prezzi di titoli, tassi di cambio e tassi di interesse. In precedenza, mediante il calcolo integrale classico, risultava impossibile calcolarne il differenziale.⁴⁰

Non sempre è facile affermare a priori e con esattezza se un processo sia o meno trattabile mediante la formula di Itô. Il problema della sua applicabilità in relazione alle varie categorie di processi stocastici viene affrontato da Joseph Leo Doob nel 1953⁴¹ e da Paul André Meyer a partire dal 1962⁴²; i loro studi portano alla definizione del teorema di Doob-Meyer sulle proprietà di scomposizione delle martingale. Ulteriori studi portano alla nascita della disciplina di studio

39 Durante la seconda guerra mondiale, il matematico tedesco di origine ebraica, naturalizzato francese, Wolfgang Döblin teorizza nel suo scritto *Sur l'équation de Kolmogoroff* le sue teorie innovative sulle martingale e sul calcolo stocastico. L'autore spedisce l'opera all'Académie des Sciences in un plico sigillato, con l'indicazione di aprirlo dopo cento anni qualora (come poi avviene) non fosse sopravvissuto ai combattimenti. Il plico viene aperto su richiesta dei parenti solo nel 2000, mostrando come l'autore avesse già sviluppato conoscenze di calcolo stocastico pubblicate da altri solo nel decennio successivo.

40 Il primo a formalizzare una funzione del genere (cioè continua, a variazione illimitata e con derivata seconda continua) è il matematico tedesco Weierstrass nel XIX secolo.

41 Doob, J. L. (1953) *Stochastic Processes...* op. cit.

42 Meyer, P. A. (1962) "A decomposition theorem for supermartingales", *Illinois Journal of Mathematics*, Vol. 6, pp. 193-205.

Meyer, P. A. (1963) "Decomposition of supermartingales: the uniqueness theorem", *Illinois Journal of Mathematics*, Vol. 7, pp. 1-17.

dei tempi di fermata (in Inglese: *stopping times*) e alla definizione di metodi di integrazione stocastica alternativi a quelli di $\hat{I}t^{43}$ ed estesi alle semimartingale.

La teoria delle martingale trova presto una piena applicazione quale nuova disciplina nel campo della matematica. Contributi fondamentali vengono da: Igor Girsanov⁴⁴, autore del celebre teorema per il cambio di probabilità in caso di cambio di numerario; Catherine Doléans-Dade⁴⁵, cui si deve il cosiddetto esponenziale stocastico e una ridefinizione teoria delle martingale separata da quella dei processi markoviani; Alexander Novikov⁴⁶, cui si deve una condizione necessaria e sufficiente per affermare se un processo stocastico sia una martingala. Segnaliamo inoltre i contributi didattici di Protter⁴⁷, Revuz e Yor⁴⁸ in cui viene esposta la terminologia standard del calcolo stocastico e a cui rimandiamo per una puntuale definizione dei concetti sopra citati.

Gli elementi di teoria delle martingale fin qui esposti si rivelano fondamentali, nel campo dell'economia finanziaria, per la comprensione e dimostrazione del Teorema fondamentale della Finanza e della relativa teoria delle bolle finanziarie.

43 Per la definizione di una teoria delle martingale separata da quella dei processi markoviani, si veda anche: Doléans-Dade, C., Meyer, P. A. (1970) "Intégrales stochastiques par rapport aux martingales locales, Séminaire de Probabilités" IV, *Lecture Notes in Mathematics*, 124, 77-107.

44 Girsanov, I. V. (1960) "On transforming a certain class of stochastic processes by absolutely continuous substitutions of measures" *Theory Probab. Appl.*, Vol. 5, pp. 285-301.

45 Si veda ad esempio: Stratonovich, R. L. (1966) "A New Representation for Stochastic Integrals and Equations", *SIAM Journal on Control* 4, pp. 362-371.

46 Novikov, A. A. (1972) "On an identity for stochastic integrals", *Theory Probab. Appl.*, Vol. 17, pp. 717-720.

47 Protter, P. (1990) *Stochastic integration and differential equations: a new approach*, Springer-Verlag, Berlin.

48 Revuz, D., Yor, M. (1991) *Continuous martingales and Brownian motion*, Springer-Verlag, Berlin.

1.8 Martingale, arbitraggio e probabilità neutrale al rischio

L'economia finanziaria nasce e si sviluppa contemporaneamente alla teoria del calcolo stocastico. Infatti, teorie fondamentali quali l'ipotesi dei mercati efficienti affondano le loro radici in un particolare campo della matematica chiamato teoria dei processi stocastici markoviani e delle martingale. Inizialmente, nell'ambiente matematico si sviluppa una certa diffidenza verso l'applicazione dei nuovi concetti di calcolo stocastico nel campo della finanza. Anche per questo, numerosi contributi⁴⁹ nel campo dell'economia finanziaria vengono inizialmente sottovalutati.

La riscoperta del fondamentale apporto dato da Bachelier ai primi del Novecento avviene oltre mezzo secolo più tardi, da parte di James Savage e soprattutto Paul Samuelson. Quest'ultimo, nella sua pubblicazione del 1965, *Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuates Randomly*⁵⁰, riprende l'argomento economico di Bachelier secondo cui i prezzi debbano fluttuare aleatoriamente. Questo documento, insieme a quello di Eugene Fama sul medesimo argomento⁵¹, forma la base di quella che è conosciuta come ipotesi dei mercati efficienti. Tale ipotesi è alla base di una rivoluzione nella finanza empirica, su cui il dibattito continua ancora oggi.⁵²

49 Si propone una lista parziale:

Regnault, J. (1863) *Calcul des Chances et Philosophie de la Bourse*, Librairie Castel, Paris.

Bachelier, L. (1900) *Théorie de la Spéculation*, Paris : Gauthier-Villars, 1900

Nelson, S. A. (1904) *The A B C of Options and Arbitrage...* op. cit.

Bronzin, V. (1908) *Theorie der Prämiengeschäfte...* op. cit.

50 Samuelson, P. (1965) *Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuates Randomly*, *Industrial Management Review*, Vol. 6, pp. 41-49.

51 Fama, E. (1965) "The Behaviour of Stock Prices", *Journal of Business*, 3Vol. 8, pp. 34-105.

52 Fama, E. (1998) "Market Efficiency, Long Term Returns, and Behavioural Finance", *Journal of Financial Economics*, Vol. 49, pp. 283-306.

Nel *paper* di Samuelson può essere rinvenuta una ulteriore considerazione che in seguito, ma solo in una forma modificata, diventerà la base della teoria di valutazione delle opzioni. Questa è la credenza (ovvero il postulato) che i prezzi futuri attualizzati seguano una martingala; in altri termini, che il valore atteso del loro prezzo futuro, in termini reali, sia pari al prezzo corrente. Da questo postulato, Samuelson prova che le variazioni nei prezzi futuri siano incorrelate nel tempo, secondo una generalizzazione del modello di *random walk*.⁵³ Questa proposizione viene estesa a funzioni arbitrarie del prezzo a pronti e questo porta a una immediata applicazione alle opzioni.

Nello stesso anno Samuelson deriva⁵⁴ le formule di valutazione per le opzioni sia europee che americane, innovando il modello di Bachelier mediante l'introduzione del moto browniano geometrico per la descrizione dell'andamento dei titoli. Samuelson nota che il modello di Bachelier, impiegando il moto browniano di tipo aritmetico, viola i principi economici in quanto fallisce nell'assicurare che i prezzi dei titoli siano sempre positivi.

Nel 1973, Merton⁵⁵, Black e Scholes⁵⁶ pongono le basi della moderna teoria di prezzo in condizioni di non arbitraggio. Riescono infatti a riconoscere nella formula di valutazione delle opzioni già derivata da

53 Per un approfondimento, si vedano anche:

Malkiel, B. G. (2003) *A Random Walk Down Wall Street*, Norton, New York.

Csörgö, M. (1999) "Random walking around financial mathematics", in: Révész, P., Tóth., B. (1999) "Random Walks: A Collection of Surveys", *Bolyai Soc. Math. Stud.*, Vol. 9, pp. 59-111.

54 Samuelson, P. (1965) "Rational Theory of Warrant Pricing", *Industrial Management Review*, 6, 13-39.

55 Merton, R.C. (1973) "Theory of rational option pricing", *Bell Journal of Economics*, Vol. 4, No. 1, pp. 141-183.

56 Black, F., Scholes, M. (1973) "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economics*, 81, pp. 637-654.

Samuelson (e prima ancora, da Bachelier) la natura di "prezzo di non arbitraggio" del risultato. Derivano pertanto con un approccio nuovo la formula di valutazione delle opzioni che da allora porta il loro nome.⁵⁷ La formula è tuttora ampiamente usata nella pratica finanziaria. Risultano tuttavia alcune inaccurately, finora ineliminabili, relative alla presenza nei mercati finanziari del cosiddetto *volatility smile effect* e della maggiore incidenza dei movimenti estremi di prezzo rispetto all'ipotesi di normalità presente nel modello (*fat tails*).⁵⁸

Sul piano teorico, la ricognizione del principio di non arbitraggio costituisce una rivoluzione per la finanza empirica nel campo della valutazione dei titoli. Per arbitraggio si intende la possibilità di comporre un portafoglio privo di rischio che presenti un rendimento atteso maggiore del tasso di rendimento privo di rischio del mercato. La condizione di non arbitraggio è certamente necessaria in una economia in equilibrio; di conseguenza, postulare tale principio permette alla finanza empirica di valutare i titoli ignorando numerose assunzioni generali sullo stato dell'economia.

L'assenza di arbitraggio è alla base della definizione di probabilità "neutrale al rischio", attraverso cui è possibile ottenere una stima oggettiva del valore di un titolo osservando la struttura dei prezzi di mercato. Tale probabilità si contrappone alla probabilità "reale", considerata invece nella teoria economica di equilibrio generale. Tale

57 Critiche sulla attribuzione del nome sono espresse in: Haug, E.G., Taleb, N.N. (2008) "Why we have never used the Black-Scholes-Merton option pricing formula", *Wilmott Magazine* No. 1, pp. 72-79.

58 Eberlein, E., Keller, U. Prause, K. (1998) "New insights into smile, mispricing and value at risk: the hyperbolic model," *Journal of Business*, Vol. 71, pp. 371-406.

dicotomia può talvolta ingenerare confusione tra economisti e matematici finanziari; per maggiori chiarimenti sulla differenza tra i due concetti, si veda l'esempio proposto.

Esempio: Probabilità neutrale al rischio per un allibratore

Un allibratore intende raccogliere scommesse su un incontro di pugilato. Adottando un approccio scientifico, studia ogni possibile dettaglio e stima correttamente che un contendente ha il 75% di probabilità di vincere l'incontro mentre l'altro il 25%. La totalità degli esperti di pugilato è inoltre concorde in tale stima. Possiamo dunque definire tali probabilità come quelle "reali" dell'evento. Di conseguenza l'allibratore fissa i seguenti aggi sulle scommesse: la vittoria del primo viene pagata 1 a 3 (cioè un euro ogni tre scommessi, più la restituzione dell'importo); la vittoria del secondo viene pagata 3 a 1.

C'è tuttavia un sentimento popolare che influenza gli scommettitori, per cui le scommesse fatte ammonterebbero a 10.000 euro sul primo contendente e a 5.000 euro sul secondo. L'allibratore avrebbe così un guadagno netto di 1.667 euro se il primo pugile vincessesse, ma subirebbe una perdita di 5.000 euro se a vincere fosse il secondo. Il valore atteso del suo profitto è $1.667 \times 0,75 - 5.000 \times 0,25 = 0$, cioè zero euro. Nel lungo periodo, su un numero ampio di incontri simili ma indipendenti, in base alla legge dei grandi numeri l'allibratore andrebbe in pareggio. Tuttavia, nel breve periodo subisce il rischio di incorrere in pesanti perdite. *Cosa potrebbe fare l'allibratore per*

ottenere un profitto certo?

Supponiamo che l'allibratore, riflettendo il sentimento popolare, fissi gli aggi delle scommesse in 1 a 2 sulla vittoria del primo, e 2 a 1 sulla vittoria del secondo. Il suo *payoff* atteso sarebbe $15.000 - 15.000 = 0$ in caso di vittoria del primo, e $15.000 - 15.000 = 0$ in caso di vittoria del secondo. Andrebbe dunque in pareggio indipendentemente dal risultato dell'incontro, senza subire alcun rischio di perdita! Le probabilità implicite da tali scommesse sono $66,6\bar{6}\%$ sulla vittoria del primo e $33,3\bar{3}\%$ sulla vittoria del secondo; sono dette probabilità "neutrali al rischio" oppure "di non arbitraggio" oppure "di martingala equivalente".

Per avere un profitto certo, all'allibratore basterebbe dunque abbassare leggermente gli aggi di scommessa. Se ad esempio desse la vittoria del primo 0,95 a 2, e la vittoria del secondo 1,95 a 1, avrebbe un guadagno certo di 250 euro quale che sia il risultato dell'incontro.⁵⁹

L'esempio proposto mostra come il guadagno di un allibratore, qualora quotasse le scommesse secondo le probabilità "reali" di un incontro, sia legato all'effettivo risultato della gara. Al contrario, qualora l'allibratore le quotasse secondo le probabilità di non arbitraggio, egli sarebbe completamente indifferente al risultato della gara poiché il suo guadagno dipenderebbe esclusivamente dall'importo di scommesse raccolte.

⁵⁹ Dati 15.000 € di scommesse raccolte, di cui 2/3 sul primo contendente e 1/3 sul secondo, in caso di vittoria del primo l'allibratore pagherebbe 4.750 € di premio più la restituzione dei 10.000 € scommessi; in caso di vittoria del secondo, pagherebbe 9.750 € di premio più la restituzione di 5.000 €. In entrambi i casi il suo *payoff* risulta: $15.000 € - 14.750 € = 250 €$.

1.9 Il Teorema fondamentale della Finanza

I primi a introdurre il concetto di valutazione neutrale al rischio sono Cox e Ross nel 1976.⁶⁰ Costoro argomentano che in un mercato finanziario senza opportunità di arbitraggio, è possibile riassegnare le probabilità in maniera tale da dare a ciascun titolo lo stesso rendimento atteso.

La rigorosa fondazione del concetto di non arbitraggio nei mercati finanziari viene posta tra il 1979 e il 1981 da Harrison, Kreps e Pliska.⁶¹ Questi declinano la condizione di non arbitraggio nei termini più stringenti di *no free lunch*, che definiscono mediante integrazione stocastica. Ribattezzano inoltre le probabilità neutrali al rischio come “misura di martingala equivalente” e dimostrano (con alcune restrizioni) quello che è conosciuto come il Teorema fondamentale della Finanza. In forma generale, il teorema verrà quindi dimostrato da Delbaen e Schachermayer.⁶²

Il Teorema fondamentale della Finanza concerne la valutazione in assenza di arbitraggio e si compone di due enunciati, uno relativo all'esistenza della misura di probabilità neutrale al rischio, l'altro relativo all'unicità di tale misura.

60 Cox, J., Ross, S. (1976) “A survey of some new results in financial option pricing theory”, *Journal of Finance*, Vol. 31, No. 2, pp 383-402.

61 Harrison, J., Kreps, D. (1979) “Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets”, *Journal of Economic Theory*, Vol. 20, pp. 381-408.

Kreps, D. (1981) “Arbitrage and equilibrium in economies with infinitely many commodities”, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 8, No. 1, pp. 15-35.

Harrison, M., Pliska, S. (1981) “Martingales and stochastic integrals in the theory of continuous trading”, *Stochastic Processes and their Applications*, Vol. 11, pp. 215-260.

62 Delbaen, F., Schachermayer, W. (1994) “A general version of the fundamental theorem of asset pricing”, *Mathematische Annalen*, Vol. 300, pp. 463-520.

Delbaen, F., Schachermayer, W. (1998) “The fundamental theorem of asset pricing for unbounded stochastic processes”, *Mathematische Annalen*, Vol. 312, pp. 215-250.

Il primo enunciato dice che l'assenza di opportunità di arbitraggio (*free lunch*) in un mercato privo di frizioni è equivalente all'esistenza di una funzione di probabilità equivalente, per cui tutti i titoli presentano il medesimo rendimento atteso se questo viene misurato mediante tale probabilità. Tale funzione è parimenti nominata: misura di martingala equivalente, probabilità neutrale al rischio, probabilità di non arbitraggio.

Il secondo enunciato dice che la funzione di probabilità è unica se e solo se il mercato è completo. Al contrario, qualora il mercato fosse incompleto, esiste un'infinità di funzioni che verificano il primo enunciato; tutte le funzioni permettono la valutazione neutrale al rischio (e quindi, ad esempio, le pratiche di *hedging* correntemente attuate nei mercati finanziari). Tuttavia, solo una di esse può individuare correttamente il valore fondamentale⁶³ di un qualsiasi titolo, misurato come valore netto dei flussi di cassa attualizzati al tasso rappresentativo del suo rischio.

La teoria delle bolle finanziarie basata sulle martingale ha come tema centrale gli errori di stima, da parte degli operatori di mercato, della funzione di probabilità che, tra le infinite funzioni che rispettano il teorema fondamentale, riesce a individuare il valore fondamentale dei titoli.

63 Per una definizione di valore fondamentale di un titolo, secondo la teoria finanziaria, si vedano: Harrison, J.M., Kreps, D.M. (1978) "Speculative investor behavior in a stock market with heterogeneous expectations", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 92, No. 2, pp. 323-336. Jarrow, R.A., Protter, P. and Shimbo, K. (2010) "Asset price bubbles in incomplete markets", *Mathematical Finance*, Vol. 20, No. 2, pp.145-185.

1.10 La teoria delle bolle in Economia e Finanza

La recente crisi finanziaria del credito, causata da una presunta bolla nei prezzi delle case negli Stati Uniti, ha acceso il dibattito tra studiosi e regolatori. Tuttavia, è da secoli che le bolle speculative affasciano gli economisti. La prima di cui si abbia conoscenza è la tulipano-mania⁶⁴ avvenuta in Olanda tra il 1634 e il 1637. Tra le bolle del passato ancora dibattute, vi sono quella del mercato finanziario statunitense scoppiata nel 1929⁶⁵ e quella ben più recente del mercato del NASDAQ tra il 1998 e il 2000⁶⁶.

L'economia classica studia l'esistenza e la caratterizzazione delle bolle attraverso modelli di equilibrio in tempo discreto, con orizzonte temporale finito e infinito. Lo scopo è fare luce, sul piano sia teorico che empirico su tali episodi, caratterizzati da rapidi incrementi di prezzo seguiti da un collasso del mercato.

64 Garber, P. (1989) "Tulipmania", *Journal of Political Economy*, Vol. 97, No. 3, pp. 535-560.

Garber, P. (1990) "Famous First bubbles", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 2, pp. 35-54.

65 White, E. (1990) "The stock market boom and crash of 1929 revisited", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 2, pp. 67-83.

De Long, J. B., Shleifer, A. (1991) "The stock market bubble of 1929: evidence from closed-end mutual funds", *Journal of Economic History*, Vol. 51, No. 3, pp. 675-700.

Rappoport, P., White E. (1993) "Was there a bubble in the 1929 stock market?", *Journal of Economic History*, Vol. 53, No. 3, pp. 549-574.

Donaldson R.G., Kamstra, M. (1996) "A new dividend forecasting procedure that rejects bubbles in asset price: the case of 1929's stock crash", *Review of Financial Studies*, Vol.9,No.2,pp.333-383.

66 Ofek E., Richardson, M. (2003) "Dotcom mania: the rise and fall of internet stock prices", *Journal of Finance*, Vol. 58, No.3, pp. 1113-1137.

Brunnermeier, M., Nagel, S. (2004) "Hedge funds and the technology bubble", *Journal of Finance*, Vol. 59, No. 5, pp. 2013-2040.

Cunando, J., Gil-Alana, L.A., Perez de Gracia, F. (2005) "A test for rational bubbles in the NASDAQ stock index: a fractionally integrated approach", *Journal of Banking and Finance*, Vol. 29, pp. 2633-2654.

Pastor, L., Veronesi, P. (2006) "Was there a Nasdaq bubble in the late 1990s?", *Journal of Financial Economics*, Vol. 81, pp. 61-100.

Battalio, R., Schultz, P. (2006) "Options and the bubble", *Journal of Finance*, Vol. 59, No. 5, pp. 2017-2102.

Un oggetto di studio primario è la stima delle condizioni sufficienti per l'esistenza o meno di una bolla di prezzo in una economia in equilibrio. Le bolle non possono formarsi in modelli di aspettative razionali con un orizzonte di tempo infinito.⁶⁷ Possono tuttavia formarsi in mercati in cui gli operatori agiscono in maniera miope⁶⁸, in mercati dove sono presenti operatori irrazionali⁶⁹, in economie in crescita con operatori razionali e orizzonte di tempo infinito⁷⁰. Possono inoltre formarsi in economie in cui gli operatori razionali presentano credenze eterogenee e gli arbitraggisti non possono sincronizzare gli scambi⁷¹ o qualora vi siano limiti al credito e alle vendite allo scoperto⁷²; quest'ultima ipotesi è inoltre confermata da numerose analisi empiriche⁷³. Inoltre, una conclusione generalmente accettata⁷⁴ è che una volta che la bolla ha avuto inizio risulta difficile, per gli investitori che

67 Tirole, J. (1982) "On the possibility of speculation under rational expectations", *Econometrica*, Vol. 50, No. 5, pp. 1163-1182.

Santos, M., Woodford, M. (1997) "Rational asset pricing bubbles", *Econometrica*, Vol. 65, No. 1, pp. 19-57.

68 Tirole, J. (1982) "On the possibility of speculation... op. cit..

69 De Long, J. B., Shleifer, A., Summers, L. and Waldmann, R. (1990) "Noise trader risk in financial markets", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 4, pp. 703-738.

70 Weil, P. (1990) "On the possibility of price decreasing bubbles", *Econometrica*, Vol. 58, No. 6, pp. 1467-1474.

O'Connell, S., Zeldes, S. (1988) "Rational ponzi games", *International Economic Review*, Vol. 29, No. 3, pp. 431-450.

Tirole, J. (1985) "Asset bubbles and overlapping generations", *Econometrica*, Vol. 53, No. 5, pp. 1071-1100.

71 Cvitanic, J., Schachermayer, W., Wang, H. (2001) "Utility maximization in incomplete markets with random endowment", *Finance and Stochastics*, Vol. 5, No. 2, pp. 259-272.

72 Scheinkman, J., Xiong, W. (2003) "Overconfidence and speculative bubbles", *Journal of Political Economy*, Vol. 111, No. 6, pp. 1183-1219.

Santos, M., Woodford, M. (1997) "Rational asset pricing bubbles", *Econometrica*, Vol. 65, No. 1, pp. 19-57.

73 Diether, K., Malloy, C., Scherbina, A. (2002) "Differences of opinion and the cross section of stock returns", *Journal of Finance*, Vol. 52, pp. 2113-2141.

Lamont, O., Thaler, R. (2003) "Can the market add and subtract? Mispricing in tech stock carve-outs", *Journal of Political Economy*, Vol. 111, pp. 227-268.

Ofek E., Richardson, M. (2003) "Dotcom mania... op. cit.

74 Hong, H., Scheinkman, J., Xiong, W. (2008) "Advisors and asset prices: A model of the origins of

ne sono coscienti, riuscire a eliminare le inefficienze nei prezzi⁷⁵. Delle *review* complete sull'argomento sono proposte da Jarrow *et al.*⁷⁶, Scheinkman e Xiong⁷⁷, Camerer⁷⁸.

Gli equilibri in presenza di bolle presentano numerose similarità con i cosiddetti *sunspot equilibria*, in cui una variabile esterna con impatto nullo sui fondamentali, qualora vi siano individui che ritengano il contrario, arriva a influenzare l'equilibrio.⁷⁹

Nel caso delle bolle, eventi esterni possono influenzare l'allocazione delle risorse laddove contribuiscano a creare profezie che si auto-avverano. Tali credenze consistono generalmente nell'aspettativa che si possa rivendere l'*asset* a un altro operatore a un prezzo maggiore. Tale ipotesi viene testata da Harrison e Kreps⁸⁰ in un modello in cui gli operatori agiscono come *price takers*; in tale pubblicazione è inoltre presente la definizione classica di bolla in termini finanziari, in relazione al valore dei flussi di cassa attualizzati secondo la misura di martingala equivalente. Per dei modelli in cui le bolle possano sorgere per via di manipolazioni nel mercato, si vedano

bubbles”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 89, pp. 268–287.

75 Abreu, D., Brunnermeier, M. (2003) “Bubbles and crashes”. *Econometrica*, Vol. 71, pp. 173–204.

Shleifer, A., Vishny, R. (1997) “Limits of arbitrage”. *Journal of Finance* Vol. 52, pp. 35–55.

76 Jarrow, R.A., Protter, P., Shimbo, K. (2010) “Asset price bubbles ... op. cit.

Jarrow, R.A., Protter, P. (2010) *The Martingale Theory of Bubbles: Implications for the Valuation of Derivatives and Detecting Bubbles*, working paper, Johnson School Research Paper, Cornell University.

77 Scheinkman, J., Xiong, W. (2004) *Heterogeneous Beliefs, Speculation and Trading in Financial Markets*, working paper, Princeton University.

78 Camerer, C. (1989) “Bubbles and fads in asset prices”, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 3, No.1, pp. 3-41.

79 Balasko, Y., Cass, D., Shell, K. (1995) “Market participation and sunspot equilibria”, *Review of Economic Studies*, Vol. 62, pp. 491-512.

Cass, D., Shell, K. (1983) “Do sunspots matter?” *Journal of Political Economy*, Vol. 91, No. 2, pp. 193-227.

80 Harrison, J.M., Kreps, D.M. (1978) “Speculative investor behavior ... op. cit.

Jarrow⁸¹, Bank e Baum⁸².

I modelli economici di equilibrio richiedono che la funzione del prezzo sia determinata attraverso la definizione puntuale di diverse caratteristiche dell'economia, quali le preferenze degli agenti e le funzioni di domanda e offerta. Vi è tuttavia un approccio alle bolle speculative che richiede condizioni sostanzialmente più lasche, ed è quello finanziario basato sugli strumenti della finanza matematica. Il relativo campo di studio è detto teoria delle bolle basata sulle martingale (in Inglese: *Martingale Theory of Bubbles*).

In tale ambito, la definizione classica di valore fondamentale di un titolo è quella proposta da Harrison e Kreps⁸³, per cui corrisponde al valore dei flussi di cassa attualizzati secondo la misura di martingala equivalente. Stando a quanto detto, qualsiasi scostamento tra il valore fondamentale e il prezzo di mercato costituirebbe dunque una bolla.

Le pubblicazioni relative alla *Martingale Theory of Bubbles* studiano le caratteristiche delle bolle e la valutazione dei titoli derivati in economie con orizzonte temporale finito che soddisfano il Teorema fondamentale della Finanza. In particolare viene imposta la condizione di non arbitraggio nella forma di *no free lunch with vanishing risk* (NFLVR) proposta da Delbaen e Schachermayer⁸⁴. Nei modelli di Lowenstein e

81 Jarrow, R. (1992) "Market manipulation, bubbles, corners and short squeezes", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, September, pp. 311-336.

82 Bank, P., Baum, D. (2004) "Hedging and portfolio optimization in illiquid financial markets with a large trader", *Mathematical Finance*, Vol. 14, pp. 1-18.

83 Harrison, J.M., Kreps, D.M. (1978) "Speculative investor behavior ... op. cit.

84 Delbaen, F., Schachermayer, W. (1994) "A general version of the fundamental... op. cit.

Willard⁸⁵, di Cox e Hobson⁸⁶, di Heston, Lowenstein e Willard⁸⁷ risulta che le bolle violino numerosi teoremi classici della valutazione delle opzioni, tra cui la *put-call parity*. Tale risultato è supportato da evidenza empirica.⁸⁸

Jarrow *et al.*⁸⁹ impongono una ulteriore condizione che è quella di non dominanza⁹⁰ dei portafogli. Questa è una condizione più forte di quella di NFLVR ma comunque sostanzialmente più debole della condizione di equilibrio, richiesta alla funzione di prezzo da un modello economico classico. In tale cornice, definiscono e caratterizzano in termini finanziari il processo di nascita della bolla, che presentiamo di seguito.

La non dominanza comporta l'impossibilità di bolla in un mercato completo e con orizzonte temporale infinito, in cui (per il teorema fondamentale) il valore fondamentale del titolo e il suo prezzo di mercato coincidono inequivocabilmente. Dunque le bolle, ovvero il discostamento tra tali valori, possono nascere solo in situazioni di incompletezza dei mercati.

Una ulteriore complicazione dei mercati incompleti è, per il

85 Loewenstein, M., Willard, G. A. (2000) "Rational equilibrium asset-pricing bubbles in continuous trading models", *Journal of Economic Theory*, Vol. 91, No. 1, pp. 17-58.

Loewenstein, M., Willard, G. A. (2000) "Local martingales, arbitrage and viability: free snacks and cheap thrills", *Economic Theory*, Vol. 16, pp. 135-161.

86 Cox, A.M.G., Hobson, D.G. (2005) "Local martingales, bubbles and option prices", *Finance and Stochastics*, Vol. 9, No. 4, pp. 477-492.

87 Heston, S., Loewenstein, M., Willard, G.A. (2007) "Options and bubbles", *Review of Financial Studies*, Vol. 20, No. 2, pp. 359-390.

88 Ofek E., Richardson, M. (2003) "Dotcom mania... op. cit.

Kamara, A., Miller, T. (1995) "Daily and Intradaily tests of european put call parity", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 30, No. 4, pp. 519-539.

89 Jarrow, R.A., Protter, P., Shimbo, K. (2010) "Asset price bubbles ... op. cit.

90 Merton, R.C. (1973) "Theory of rational ... op. cit.

secondo enunciato del teorema fondamentale, la presenza di una molteplicità di misure di martingala che potrebbero essere usate per la stima del valore fondamentale dei titoli.

È possibile individuare quale tra queste sia quella correntemente scelta dal mercato, osservando i prezzi di mercato dei titoli derivati.⁹¹ In termini puramente finanziari, la bolla nasce qualora, in un mercato non caratterizzato da bolle, gli operatori "scelgano" una nuova misura di martingala che ammette bolle. In termini economici tale variazione corrisponde a un cambio di regime nei fondamentali dell'economia (dotazioni, credenze, avversione al rischio, tecnologie, strutture economiche istituzionali). Sul piano finanziario, il cambiamento nella misura di martingala lascia inalterato il prezzo del titolo sottostante, ma (poiché il mercato è incompleto) verrà modificato il prezzo di qualche suo titolo derivato. Per investigare la nascita o la presenza di bolle sul mercato è dunque fondamentale analizzare l'andamento temporale dei prezzi dei derivati. A tale proposito, proponiamo in appendice un teorema, che dimostriamo, per descrivere le modalità di formazione di bolle speculative in un mercato che rispetta il Teorema fondamentale della Finanza.

91 Jacod, J., Protter, P. (2010) "Risk neutral compatibility with option prices", *Finance and Stochastics*, Vol. 14, No. 2, pp. 285-315.

Schweizer, M., Wissel, J. (2008) "Term structures of implied volatilities: Absence of arbitrage and existence results", *Mathematical Finance*, Vol. 18, No. 1, pp. 77-114.

2. Basi teoriche per la gestione del rischio

Sommario: 2.1 Teoria degli investimenti: valore netto e opzioni reali. 2.2 La teoria di portafoglio e il concetto di rischio finanziario. 2.3 La concezione del rischio nella disciplina assicurativa. 2.4 Il rischio sistemico e la sua importanza per il sistema finanziario.

2.1 Teoria degli investimenti: valore netto e opzioni reali

Cosa prescrive la teoria finanziaria ed economica relativamente agli investimenti in condizioni di incertezza? Secondo un approccio "ortodosso", occorre prima calcolare il valore attuale dei flussi di cassa attesi dovuti ai profitti, quindi effettuare lo stesso calcolo relativamente ai flussi di cassa attesi dovuti alle spese sostenute per l'investimento. La differenza è detta valore attuale netto (in Inglese, *Net Present Value*) dell'investimento. Se è positivo, si dovrebbe procedere a effettuare l'investimento. Altrimenti meglio guardare oltre.

Numerosi problemi insorgono quando si va a effettuare in pratica la determinazione del valore attuale netto. Come vanno stimati i flussi di profitti? Come trattare l'inflazione? E che tasso di attualizzazione impiegare? Risolvere questi problemi è uno degli scopi della Finanza Aziendale (e in particolare del ramo chiamato *Capital Budgeting*). Tuttavia, il principio di base rimane semplicemente il calcolo del valore attuale netto e la verifica della sua positività.

Il metodo del valore attuale netto è anche alla base della teoria neoclassica degli investimenti, secondo cui un investimento andrebbe

effettuato incrementalmente fino a che l'ultima quantità aggiuntiva di capitale assume valore pari al suo costo. Nuovamente, resta problematica la stima del valore della quantità incrementale di capitale, oltretutto del suo costo: che struttura di produzione impiegare? Come trattare elementi quali le tasse e il deprezzamento?

Gran parte della letteratura economica riguardante le scelte di investimento ruota intorno a tali problemi. Gli approcci perseguiti sono fondamentalmente tre.

Nel primo, proposto nel 1963 da Dale Jorgenson⁹², il valore per periodo di una unità incrementale di capitale (cioè il suo prodotto marginale) viene comparato con un costo di affitto periodale equivalente (detto anche *user cost*) stimato in base al costo di acquisto, al tasso di interesse, al deprezzamento e alle rilevanti normative fiscali. Lo stock di capitale ideale per l'impresa viene stimato ponendo eguali il prodotto marginale e l'*user cost*. Si assume inoltre che lo stock attuale tenda al suo valore ideale secondo un processo specifico di ritardo o come risposta ottimale a un costo esplicito di aggiustamento.⁹³

Una seconda formulazione viene proposta nel 1969 da James Tobin⁹⁴, che mette a confronto il valore capitalizzato dell'investimento marginale con il suo costo di acquisizione. Il valore capitalizzato può

92 Jorgenson, D. (1963) "Capital Theory and Investment Behaviour", *American Economic Review*, 53, pp. 247-259.

93 Per una puntuale esposizione dello sviluppo di tale approccio si veda: Nickell, S. J. (1978) *The Investment Decisions of Firms*. Cambridge University Press, New York.

94 Tobin, J. (1969) "A General Equilibrium Approach to Monetary Theory", *Journal of Money, Credit and Banking*, 1, pp. 15-29.

essere osservato direttamente se la proprietà dell'investimento può essere scambiata in un mercato secondario; altrimenti, viene computato come valore attualizzato del flusso atteso di profitti. Il suo rapporto con il costo di acquisizione viene detto q di Tobin ed è decisivo nella scelta di investire o meno. Occorre investire se q è maggiore di 1; in caso contrario occorre invertire la scelta e ridurre lo stock di capitale. Il tasso ottimale di espansione o contrazione si trova ponendo il costo marginale di aggiustamento uguale al relativo beneficio, e questo dipende dalla differenza tra q e 1. La normativa fiscale può comportare adeguamenti di calcolo, ma il principio rimane sostanzialmente simile.⁹⁵

I primi due approcci esposti sono simili in quanto sono entrambi basati sulla regola del valore attuale netto. Tale regola presenta tuttavia alcuni limiti nel cogliere aspetti caratteristici di numerosi investimenti nella vita reale. In particolare, nella letteratura citata in precedenza si presuppone alternativamente che:

- I. l'investimento sia reversibile, cioè che ci si possa in qualche modo rifare delle spese qualora le condizioni di mercato si rivelino peggiori di quanto ipotizzato;
- II. l'investimento sia irreversibile e che in questo caso, si tratti di una decisione da "ora o mai più", cioè che una volta presa la decisione di non effettuare l'investimento, questa non potrà essere modificata in futuro.

⁹⁵ Per una puntuale esposizione dello sviluppo di tale approccio si veda: Abel, A. B. (1990) "Consumption and Investment" in Friedman, B., Hahn, F., *Handbook of Monetary Economics*, North Holland, New York.

La reversibilità o meno degli investimenti caratterizza la gran parte delle scelte di investimento nella vita reale ed è affrontata nel terzo approccio che citiamo, ovvero quello basato sulle opzioni reali.

L'analisi delle opzioni reali rappresenta un cambio di paradigma nella teoria degli investimenti rispetto alle due descritte in precedenza che invece sono basate sul valore attuale netto. Tale teoria tiene conto dei costi sommersi generati dalla scelta di investimento, che la rendono spesso irreversibile. Inoltre, mette in luce il valore di poter ritardare la decisione dell'investimento in funzione della possibilità di acquisire nuove informazioni.

La spesa sostenuta per un investimento è un costo sommerso e risulta quindi irreversibile se è specifica dell'impresa o dell'industria; se quest'ultima è sufficientemente competitiva, un investimento nel settore si rivelerà cattivo, *ex post*, per tutti i partecipanti.

Possono essere parzialmente irrecuperabili anche spese per investimenti non specifici. Per esempio: nel caso di asimmetria informativa, i compratori di macchinari usati sono inabili nel valutare la qualità effettiva dei macchinari che acquistano e dunque offriranno un prezzo che corrisponde alla qualità media di mercato. I venditori, che conoscono la qualità del bene venduto, saranno riluttanti a vendere a quel prezzo un bene di qualità superiore alla media. Questo diminuirà la qualità media di mercato e quindi il prezzo. È questo il famoso *lemons problem*, descritto magistralmente da George Akerlof nel 1970.⁹⁶ Mobili

96 Akerlof, G. A. (1970) "The Market for Lemons: Qualitative Uncertainty and the Market Mechanism", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, pp. 488-500.

d'ufficio, auto, camion, computer, pur non essendo *firm specific* avrebbero un prezzo di rivendita significativamente inferiore al costo d'acquisto anche qualora fossero praticamente nuovi.

Una opportunità irreversibile di investimento viene paragonata a una opzione finanziaria *call*. Quest'ultima dà al titolare la facoltà, per un periodo prefissato di tempo, di acquistare un determinato *asset*, detto sottostante, a una somma predeterminata detta prezzo di esercizio. L'esercizio dell'opzione è irreversibile: il titolare, pur potendo rivendere l'*asset*, non può infatti riavere l'opzione o la somma pagata come prezzo d'esercizio. Parimenti, di fronte a una opportunità di investimento l'impresa ha l'opzione di coglierla, nell'immediato o in futuro, spendendo il relativo prezzo di esercizio per ottenere l'*asset* alla base del progetto. Anche per gli investimenti reali, l'*asset* può essere rivenduto, tuttavia l'investimento continua a risultare irreversibile.

Come per le opzioni finanziarie *call*, l'opzione reale di investimento ha valore anche perché il valore futuro dell'*asset* ottenuto investendo è incerto. Se l'*asset* aumenta di valore, sale anche il *payoff* netto derivante dall'investimento. Se perde di valore, l'impresa non ha bisogno di investire e perderà solo quanto ha già speso per ottenere l'opportunità di investimento.

L'analisi delle opzioni reali si sviluppa inizialmente nella valutazione di politiche di tutela ambientale, laddove inquinamento e sfruttamento indiscriminato possono portare a danni irreversibili.⁹⁷ Non sorprende dunque che l'approccio alle scelte di investimento in termini di opzioni reali prenda piede relativamente allo sfruttamento di risorse naturali: giacimenti petroliferi, miniere e foreste. Un lavoro fondamentale per l'estensione di tale approccio agli investimenti generici si deve a Dixit e Pindyck.⁹⁸

L'impianto matematico utilizzato per lo studio delle opzioni reali nelle scelte di investimento è particolarmente variegato. Tuttavia, vi è sempre alla base di ogni metodo la teoria dei processi stocastici, i cui capisaldi sono stati presentati nel capitolo precedente.

Metodi complessi per la valutazione delle opzioni sono la programmazione dinamica sviluppata da Bellman⁹⁹ e la metodologia basata sull'assenza di arbitraggio, detta anche di Black-Scholes-Merton (BSM) dai nomi dei principali promotori¹⁰⁰. La programmazione dinamica e il metodo di BSM si pongono spesso l'uno in alternativa all'altra. Presentano il difetto di richiedere la conoscenza di numerosi elementi per essere applicabili. In genere, le principali difficoltà si hanno nel caso della programmazione dinamica per l'eccessivo numero

97 Si veda in tal senso: Arrow, K., Fisher, A. C. (1974) "Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 88, pp. 312-319.

98 Dixit, A. K., Pindyck (1993) *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press, New Jersey.

99 Bellman, R. E. (1961). *Adaptive Control...* op. cit.

100 Black, F., Scholes, M. (1973) "The pricing of options... op. cit.

Merton, R. C. (1973) "Theory of rational... op. cit.

di variabili; nel caso della metodologia di BSM per riferimenti di mercato carenti. Una utile e semplice alternativa è allora il metodo di valutazione binomiale.

Nel metodo binomiale, detto anche di Cox-Ross-Rubinstein¹⁰¹, il processo del prezzo è definito in tempo discreto da un "albero" rappresentativo dei rialzi o dei ribassi conseguiti in ciascun periodo. Tale metodo risulta universalmente applicabile in base ad assunzioni a priori sulle probabilità di incremento o diminuzione del valore del sottostante.

2.2 La teoria di portafoglio e il concetto di rischio finanziario

La moderna teoria di portafoglio costituisce la cornice concettuale entro cui si sviluppano i principali strumenti attualmente impiegati per la gestione del rischio finanziario. Viene formulata a partire dagli anni '50 da Harry Markowitz¹⁰² e James Tobin¹⁰³. Un fondamentale passo avanti avviene nei primi anni '60 con l'elaborazione del *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) ad opera di William Sharpe.¹⁰⁴ Tutti e tre vinceranno il premio Nobel per l'economia: James Tobin nel 1981 per la sua analisi dei mercati finanziari; Harry Markowitz e William Sharpe nel

101 Cox, J.C., Ross, S.A., Rubinstein, M. (1979) "Option Pricing: A Simplified Approach", *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, pp. 229-263.

102 Markowitz, H. M. (1952) "Portfolio Selection", *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, pp. 77-91.
Markowitz, H. M. (1959) *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, John Wiley & Sons, New York.

103 Tobin, J. (1958) "Liquidity preference as behavior towards risk", *Review of Economic Studies*, Vol. 25, No. 2, pp. 65-86.

104 Sharpe, W. F. (1964) "Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk", *Journal of Finance*, Vol. 19, No. 3, pp. 425-442.

1990, insieme a Merton Miller, per aver posto le basi teoriche dell'economia finanziaria moderna. Nel 1976 Stephen Ross pone le basi dell'*Arbitrage Pricing Theory* (APT), che rappresenta un'evoluzione e in un certo senso la generalizzazione del CAPM.

Nella teoria di portafoglio il concetto di rischio viene considerato come deviazione positiva o negativa del rendimento di un investimento rispetto al suo valore atteso. Può dunque portare alternativamente a profitti o perdite. La corrispondente analisi finanziaria si basa sulle seguenti ipotesi:

i) un rischio può essere interamente quantificato e rappresentato matematicamente da una funzione di probabilità;

ii) la propensione al rischio di un individuo può essere rappresentata matematicamente tramite funzioni di utilità che, nella loro forma più semplice, dipendono dai parametri di media e varianza dei rischi considerati;

iii) gli individui compiono delle scelte volontarie e razionali basate sulla relazione tra rischio e rendimento di un investimento in condizioni di incertezza.

La teoria distingue tra rischio specifico di un titolo, che può essere eliminato attraverso la diversificazione del portafoglio, e rischio sistematico¹⁰⁵ o di mercato, che non può essere eliminato. Studia il comportamento ottimale di un investitore e indica le modalità che

105 Il rischio sistematico non va confuso con il rischio sistemico, trattato nel capitolo 2.4.

questi dovrebbe seguire per individuare il portafoglio ottimo di attività rischiose. Ogni operatore dovrebbe investire la propria ricchezza nel portafoglio ottimo di attività rischiose e in un titolo privo di rischio, in proporzione variabile a seconda della propria attitudine al rischio (teorema della separazione). Persegue dunque uno scopo normativo e in questo si differenzia dalla disciplina della Finanza comportamentale¹⁰⁶ (in Inglese: *Behavioral Finance*) che descrive i comportamenti effettivi, spesso irrazionali, tenuti dagli investitori .

L'analisi del rischio finanziario si sviluppa a partire dalla fine degli anni '80, seguendo i progressi nelle discipline di scelte di portafoglio e finanza matematica. Le direttrici di tale sviluppo consistono principalmente nella deregolamentazione del settore bancario e nell'innovazione finanziaria. La deregolamentazione dà alle banche maggiore libertà nello scegliere le attività di investimento e le espone a nuovi rischi e opportunità, mentre l'innovazione porta al boom dell'uso di strumenti finanziari "derivati", scambiati sia nei mercati regolamentati che in quelli *over-the-counter*. I due fenomeni portano in breve allo sviluppo di mercati dei capitali più liquidi, specialmente negli

106 Tra i lavori nel campo della Economia e Finanza comportamentale, che hanno avuto maggiore impatto nella teoria del rischio, segnaliamo:

Allais, M. (1953) "Le Comportement ... op. cit.

Kahneman, D., Tversky, A. (1974) "Judgement under uncertainty: Heuristics and Biases", *Science*, Vol. 185, pp. 1124-1131.

Kahneman, D., Tversky, A. (1981) "Rational choice and the framing of decision", *Science*, Vol. 211, pp. 453-458.

Froot, K.A., Thaler, R.H. (1990) "Anomalies: Foreign Exchange", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 3, pp. 179-192.

Kahneman, D., Lovallo, D. (1993) "Timid choices and bold forecasts: A cognitive perspective on risk taking", *Management Science*, Vol. 39, No. 1, pp. 17-31.

Shleifer, A., Vishny, R. (1997) "Limits of arbitrage ... op. cit.

Stati Uniti e nel Regno Unito. Nei primi anni '90, numerosi fallimenti nei settori finanziario¹⁰⁷, bancario¹⁰⁸ e assicurativo¹⁰⁹ mettono in luce le carenze dei sistemi di gestione del rischio adottati in quel tempo e spingono verso un affinamento della relativa teoria e pratica finanziaria. Le principali conclusioni vertono sull'allocazione del capitale economico e sull'utilizzo di due strumenti fondamentali per la gestione del rischio, ovvero diversificazione e copertura (*hedging*). Tali strumenti influenzano in maniera diretta l'ammontare di capitale che una impresa deve detenere per sostenere efficacemente i propri rischi.

Per capitale economico (o capitale di rischio) si intende l'ammontare di risorse economiche non vincolate, di cui una impresa deve disporre per fare fronte a perdite inattese. Un modo per stimare il capitale di rischio richiesto da un investimento è il *Value-at-Risk* (VaR), definito come la differenza tra il valore atteso dell'investimento e un percentile della distribuzione dei possibili risultati in un dato orizzonte temporale.¹¹⁰ L'utilizzo del VaR per la stima del capitale di rischio delle banche, è uno dei punti principali dell'Accordo di Basilea II sui requisiti

107 Ricordiamo i fallimenti, dovuti a perdite su titoli derivati, del colosso industriale tedesco Metallgesellschaft nel 1993, della regione californiana di Orange County nel 1994 e dell'*hedge fund* statunitense LTCM nel 1998. Nel caso di Orange County, il rischio derivante dall'investimento non era percepito in quanto misurato in una maniera erronea; questo ha portato a una sottostima della leva finanziaria utilizzata. Nel caso di LTCM, la diversificazione degli investimenti si è invece rivelata inefficace a causa di un inaspettato incremento nelle correlazioni.

108 Nel settore bancario, frodi interne ed errati investimenti favoriti da sistemi inadeguati di supervisione e controllo, hanno portato al fallimento della banca statunitense Kidder-Peabody nel 1994 e dell'inglese Barings Bank nel 1995, e al dissesto della francese Crédit Lyonnais, salvata dal governo francese nel 1993.

109 Nel settore assicurativo, una errata gestione del rischio attuariale ha portato al dissesto nei primi anni '90 della francese Groupe des Assurances Nationales e dell'inglese Equitable Life. Entrambe hanno evitato il fallimento solo grazie a generosi interventi statali.

110 Sugeriamo, per un approfondimento sul tema: Jorion, P. (1997) *Value at Risk: The new benchmark for controlling market risk*, Irwin Professional Publishing, Chicago.

minimi patrimoniali del settore bancario.¹¹¹

Possiamo riassumere di seguito le principali conclusioni della teoria di scelta tra investimenti incerti, come sviluppate dalla teoria finanziaria del rischio¹¹²:

a. Le imprese devono distinguere tra rischi che possono essere scambiati (*hedged*) in mercati liquidi e rischi che, in assenza di mercati di copertura, devono essere mantenuti. Un flusso di cassa aleatorio può dunque essere scomposto in una parte scambiabile sul mercato (*tradable risk*) e una parte non scambiabile.

b. Le imprese non dovrebbero aspettarsi di essere in grado di conseguire un rendimento atteso maggiore dal detenere rischi scambiabili sul mercato, secondo l'ipotesi dei mercati efficienti.

c. Poiché il capitale economico è scarso, le imprese dovrebbero coprire (*hedge*) i propri rischi quanto meglio possibile, laddove siano disponibili mercati efficienti di copertura. Le imprese si farebbero carico dei rischi rimanenti attraverso il proprio capitale.

d. Un'impresa dovrebbe intraprendere o mantenere un investimento rischioso solo se il progetto ha un rendimento atteso commisurato al suo rischio.

e. Il rischio di un investimento dovrebbe essere giudicato da

111 Vedi anche il capitolo 9.

112 Per un'applicazione di tali concetti al sistema finanziario, si veda:

Froot, K.A., Stein, J. C. (1998) "RiskManagement, Capital Budgeting, and Capital Structure Policy for Financial Institutions: An Integrated Approach", *Journal of Financial Economics*, Vol. 47, No. 1, pp. 55-82.

Per una esposizione completa, si veda: Crouhy, M., Galai, D., Mark, R. (2001) *Risk Management*, McGraw-Hill, New York.

come varia congiuntamente ai rischi scambiabili sul mercato e ai rendimenti non coperti (*unhedged*) delle attività dell'impresa.

f. Il peso da assegnare alla variazione congiunta rispetto ai rischi scambiabili sul mercato, dipenderà del prezzo di ciascun rischio scambiabile, cioè dal rendimento atteso richiesto dagli operatori di mercato per accollarsi una unità addizionale di tale rischio.

g. Il peso da assegnare alla variazione congiunta rispetto ai rendimenti non coperti delle attività dell'impresa, dipenderà dall'avversione al rischio dell'impresa stessa. L'avversione al rischio è influenzata, tra l'altro, dalla sua leva finanziaria e dalla sua facilità di accesso al mercato dei capitali.

Le categorie che costituiscono il rischio finanziario sono numerose. Le principali sono: il rischio di mercato, il rischio di credito, il rischio operativo e il rischio sistemico. Analizziamo di seguito le prime tre tipologie mentre, per l'importanza rivestita nella recente crisi finanziaria, rimandiamo la trattazione del rischio sistemico in un apposita sezione. Il rischio di mercato può a sua volta essere distinto in:

- rischio di interesse, legato alla valuta, al tipo di strumento finanziario e alla maturità relativi a un credito posseduto o a un debito emesso;
- rischio di investimento, legato ai rendimenti del mercato (per settore o area geografica) in cui si è scelto di investire;
- rischio di valuta, legato a oscillazioni nei mercati valutari;

- *commodity risk*, legato a oscillazioni nei mercati delle materie prime;
- rischio di liquidità, dovuto a difficoltà di rifinanziamento a seguito di perdite subite e/o di temporanee anomalie nel mercato dei capitali.

Il rischio di credito (o di controparte) è legato al possesso di un qualsiasi titolo di debito o strumento simile emesso da una controparte. Tali strumenti rappresentano l'impegno del debitore a onorare un pagamento in denaro o in forme equivalenti, nei confronti del creditore secondo termini prestabiliti. Il rischio di credito emerge dalla possibilità che il debitore venga meno all'impegno, evitando ad esempio di pagare l'interesse o di rimborsare il capitale nei tempi stabiliti. Questa è una fonte di rischio primaria per le banche, che concedono mutui e linee di credito. È inoltre presente nel mercato dei capitali, in cui vengono scambiate obbligazioni, *commercial paper* e titoli di stato.

Il rischio di credito emerge anche dalla stipula di strumenti derivati, come contratti a termine (o *forward*) e *swaps*, che implicano tipicamente la promessa di eseguire uno scambio in una data futura secondo termini prestabiliti. Il rischio deriva dalla possibilità che la controparte manchi di onorare la propria parte dello scambio secondo quanto previsto dal contratto. Tale eventualità è maggiore per i contratti stipulati fuori dai mercati regolamentati e legati alla finanza

strutturata, come evidenziato durante la crisi dei mutui *subprime* dall'alta rischiosità dei titoli derivati CDO e CDS¹¹³.

Il rischio operativo è legato all'insorgere di eventi negativi nel normale svolgimento delle attività aziendali, legati alla fallacia di sistemi interni, processi operativi e persone. Si può concretizzare in perdite dovute a frodi, cause legali ed eventi ambientali esterni. L'Accordo di Basilea II presenta una trattazione approfondita di tale rischio, in sostanziale innovazione rispetto all'accordo precedente. L'approccio alla gestione del rischio operativo si differenzia da quello di altre tipologie (ad esempio, dei rischi di credito, di mercato e assicurativi) in quanto non è volto alla potenziale creazione di guadagni ma solo alla limitazione delle perdite. Tra i casi clamorosi di perdite subite da istituti finanziari per i comportamenti frodatori di propri *traders*, ricordiamo il collasso della Barings Bank causato da Nick Leeson nel 1995, e il buco di circa 5 miliardi di euro subito nel giro di pochi giorni da Société Générale nel 2008 e riconducibile a Jérôme Kerviel.

2.3 La concezione del rischio nella disciplina assicurativa

L'espressione del rischio in termini monetari è la chiave per una sua quantificazione e il trasferimento mediante contratti bilaterali volontari, quali le polizze nei mercati assicurativi e i titoli derivati nei

¹¹³ Gli acronimi stanno per *Collateralized Debt Obligation* e *Credit Default Swap*.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

mercati finanziari. La principale metodologia di quantificazione del rischio è quella assicurativa o attuariale.

Nella disciplina assicurativa pura il rischio viene visto nella sua accezione di sinistro ossia di danno potenziale; i due stati che l'evento aleatorio può assumere sono quindi "perdita" e "non perdita". Attraverso le polizze il rischio viene quantificato da un esborso monetario, il premio, che agisce da unità di misura e può rendere comparabili rischi diversi.¹¹⁴ La polizza diventa inoltre il mezzo di trasferimento del rischio da un soggetto che lo vuole evitare a un altro che, in cambio del premio, se ne vuole far carico.

Le fonti di profitto nei contratti assicurativi di trasferimento del rischio derivano dalla differenza tra la propensione al rischio degli agenti¹¹⁵ e dalle possibili compensazioni tra rischi diversi. La compensazione è di tipo statistico (o accidentale) per gli eventi indipendenti, secondo la legge dei grandi numeri, e di tipo sistematico per eventi con correlazione negativa (*natural hedges*).

Le pratiche di trasferimento del rischio possono essere ostacolate dai seguenti fattori: presenza di esternalità, selezione avversa, azzardo morale e problema di agenzia.

114 Ad esempio, se avessero pari importo i premi assicurativi per tutelare due proprietà immobiliari equivalenti, una a Firenze dal rischio di alluvione e l'altra in Florida dal rischio di uragano, potremmo desumere che i due eventi (alluvione a Firenze e uragano in Florida) presentino eguale rischio.

115 Secondo la teoria dell'utilità attesa, se due individui con diversa attitudine al rischio si ritrovano a fronteggiare un sinistro (misurato correttamente da entrambi) l'individuo con avversione maggiore sarà disposto a pagare all'altro un importo di denaro sufficiente a convincerlo ad accettare di accollarsi il rischio. La convenienza di entrambi nell'accettare lo scambio deriva dall'incremento nell'utilità attesa che essi possono conseguire.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

La presenza di esternalità può rendere non conveniente, a livello individuale, l'acquisto di protezione dal rischio e dunque minarne il mercato. Le esternalità sono caratteristiche tipiche dei beni pubblici e sono legate al problema del *free rider*, ovvero della non escludibilità dal godimento di un bene pubblico di chi non ne paga il prezzo. Una possibile soluzione, in caso di esternalità, è rendere obbligatoria l'attività di protezione dal rischio.¹¹⁶ Un caso particolare di problema del *free rider* è la tragedia dei beni comuni (in Inglese: *tragedy of the commons*) che porta a sovra-sfruttare le risorse il cui prezzo di mercato non incorpori le esternalità negative.

La selezione avversa (in Inglese: *adverse selection*) consiste nella maggiore convenienza ad acquistare protezione dal rischio per i soggetti maggiormente esposti, qualora questi non siano distinguibili da quelli meno rischiosi. Il fenomeno è legato alla presenza di asimmetrie informative ed è anche conosciuto come *lemons problem*, per via del modello proposto da Akerlof¹¹⁷. Possibili soluzioni sono l'introduzione di una discriminazione di prezzo o l'applicazione di una franchigia al danno rimborsabile.

L'azzardo morale¹¹⁸ (in Inglese: *moral hazard*) è l'incentivo a tenere

116 Un esempio è l'obbligatorietà della vaccinazione da talune malattie contagiose per ragioni di tutela della salute pubblica.

117 Akerlof, G. A. (1970) "The Market for Lemons... op. cit.

118 Tra le prime analisi accademiche sul tema dell'azzardo morale, segnaliamo:

Arrow, K. (1963) "Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care", *American Economic Review*, Vol. 53, No. 5, pp. 941-973.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

comportamenti più rischiosi qualora le conseguenze negative ricadano in tutto o in parte su un soggetto terzo. Questo tipo di comportamenti opportunistici a discapito della controparte possono avvenire sia da parte del soggetto assicurato¹¹⁹ che dell'assicuratore.

L'azzardo morale dell'assicuratore si può concretizzare nel problema di agenzia (in Inglese: *agency problem*) legato all'inversione del ciclo di produzione, per cui nelle assicurazioni l'incasso del compenso precede lo svolgimento della prestazione¹²⁰. L'insolvenza di un assicuratore non è dunque necessariamente preceduta da una crisi di liquidità, come solitamente avviene in altri settori. Il problema di agenzia consiste nel conflitto di interessi dell'assicuratore, che può cercare di evitare la prestazione una volta incamerato il premio (comportamento “prendi i soldi e scappa”), di minimizzare la dotazione di capitale coprendo i debiti correnti attraverso la sottoscrizione di nuove polizze (similmente a uno schema di Ponzi), o ancora di tentare il recupero di perdite pregresse attraverso l'assunzione di rischi crescenti (*gambling for resurrection*). Per prevenire tali fenomeni, il settore assicurativo è oggetto di un sistema di regolamentazione e controllo specifici, incentrati sulla compresenza di revisori contabili e attuariali, il cui monitoraggio va ad aggiungersi a quello delle autorità di vigilanza e, eventualmente, delle agenzie di *rating*.

119 Ad esempio, se un individuo risulta interamente responsabile degli eventuali danni, tenderà a guidare un'auto noleggiata più prudentemente di quando i danni siano coperti da assicurazione.

120 Nel ramo danni, ad esempio, il pagamento del premio da parte del titolare della polizza avviene in genere contestualmente alla firma del contratto, mentre il pagamento di un rimborso da parte dell'assicuratore avviene solo dopo che una denuncia di sinistro viene ricevuta e accettata, il che può avvenire anche a distanza di anni dalla stipula.

Il rischio assicurativo puro consiste, per l'assicuratore, nella possibile richiesta di risarcimento a seguito di un sinistro coperto da polizza. Un elemento aggiuntivo del rischio è che spesso il valore finale del rimborso è sconosciuto al momento del sinistro e diverrà certo solo in un momento successivo. Questo perché è possibile che la sua valutazione richieda tempo, la richiesta di risarcimento dia origine a controversie, o il sinistro dia origine a un debito continuativo (ad esempio, un trattamento assistenziale di invalidità).

Per le assicurazioni attive nel ramo vita e per i fondi pensione, all'interno del rischio assicurativo si può distinguere il rischio di longevità (in Inglese: *longevity risk*) legato ai maggiori oneri previdenziali che possono sorgere dall'allungamento della speranza di vita. Ricordiamo inoltre, per i fondi pensione, il rischio di nuovi ingressi ovvero la possibilità che le dinamiche demografiche di iscrizioni e cancellazioni dal fondo possano generare problemi di liquidità, nell'immediato o nel futuro (ad esempio, per “gobbe” previdenziali).

Altre fonti di incertezza per un assicuratore derivano dai rischi finanziari descritti nel paragrafo precedente. Il valore delle attività detenute a garanzia degli indennizzi futuri è soggetto al rischio di mercato. Inoltre, strumenti quali i titoli obbligazionari e le polizze di riassicurazione detenute in portafoglio sono soggetti al rischio di credito. Permane il rischio operativo e quello sistemico (seppure attenuato per alcune tipologie di assicurazioni ramo danni).

2.4 Il rischio sistemico e la sua importanza per il sistema finanziario

La gestione e regolamentazione del rischio sistemico nei mercati finanziari può essere considerato come il tema centrale che emerge dall'analisi della crisi finanziaria globale del 2007-2010.¹²¹ Governi ed enti sovranazionali sentono sempre più la necessità di una maggiore regolamentazione dei mercati finanziari mirata al controllo dei rischi sistemici, ed è un fatto generalmente condiviso che il quasi collasso del sistema finanziario mondiale sia in qualche misura dovuto alla sottostima dei potenziali danni sistemici, da parte di intermediari finanziari e regolatori.

Il concetto di rischio sistemico viene generalmente accostato alla propensione di un sistema finanziario a subire un repentino sconvolgimento. Secondo la definizione generale¹²², il rischio sistemico è il rischio che un singolo evento aleatorio possa generare una serie di subitane conseguenze all'economia nel suo insieme, aumentandone l'instabilità e influenzando il costo del capitale o la sua disponibilità. Il rischio sistemico è dunque, in larga parte, un fenomeno di liquidità. Spesso l'evento scatenante è seguito da interventi straordinari della comunità e delle istituzioni finalizzate a dirigerne gli effetti.

121 Si vedano, ad esempio:

Counterparty Risk Management Policy Group III (2008) "Containing systemic risk: the road to reform", *The Report of the CRMPG III*, 6th August, 2008.

Basel Committee on Banking Supervision (2009) *Strengthening the resilience of the banking sector*. Consultative Document, December 2009.

122 Si vedano, ad esempio:

Allen, F., Gale, D. (2007) *Understanding Financial Crises*, Oxford University Press, New York.

Schwarcz, S. L. (2008) "Systemic Risk", *Georgetown Law Journal*, Vol. 97, Issue 1.

Hellwig, M. (2009) "Systemic Risk in the Financial Sector: An Analysis of the Subprime-Mortgage Financial Crisis", *De Economist*, Springer, Vol. 157, No. 2, pp. 129-207.

Nella sua forma più comune, l'evento iniziale è uno shock economico (ad esempio: il fallimento di una istituzione) che genera una catena di perdite significative nei mercati e tra le istituzioni finanziarie, accompagnata da panico e insolvenze. Le perdite portano a un sostanziale incremento nella volatilità dei mercati finanziari; diminuisce inoltre la disponibilità di capitale e aumenta il suo costo. Che il fallimento di una singola istituzione possa condurre a una crisi sistemica, dipende dalle sue dimensioni e dalle sue interconnessioni all'interno del sistema finanziario. Poiché generalmente conviene per la comunità e le istituzioni procedere a un salvataggio, tali enti vengono alternativamente detti *too-big-to-fail* o *too-connected-to-fail*, a seconda che l'elemento preponderante siano le dimensioni o le connessioni sistemiche. Tali enti non possono essere lasciati fallire senza che questo generi all'interno del sistema finanziario degli scompensi tali da metterlo in crisi.

Parte II

Le crisi bancarie del passato

3. La crisi del 1929

Sommario: 3.1 Dalla tulipano-mania alla crisi del 1929. 3.2

Quadro teorico di riferimento: keynesiani e monetaristi.

3.3 La teoria della deflazione del debito di Fisher.

3.1 Dalla tulipano-mania alla crisi del 1929

La recente crisi finanziaria e bancaria, la più grande mai vista dalle generazioni contemporanee, ha acceso il dibattito sulle bolle speculative tra studiosi e regolatori. Tuttavia, è da secoli che queste affascinano gli economisti. La prima di cui si abbia conoscenza è la tulipano-mania, avvenuta in Olanda nel 1637. I tulipani, fiori introdotti in Europa nel XVI secolo, diventano popolari in Olanda come beni di lusso, quindi oggetto di speculazioni come se si trattasse di pietre preziose; la febbre speculativa porta i prezzi dei bulbi a cifre elevatissime che crollano con lo scoppio della bolla.¹²³ Tra il 1719 e il 1720, due bolle colpiscono i mercati finanziari e creditizi in Inghilterra e Francia; sono originate dalla speculazione su varie compagnie mercantili, e in particolare sulla South Sea Company per l'Inghilterra¹²⁴ e sulla Compagnie du Missisipi per la Francia. Le crisi sono seguite, principalmente nel Regno Unito, da riforme del settore finanziario.

In Italia, tra il 1890 e il 1894, il fallimento di numerosi istituti di credito e soprattutto lo scandalo della Banca Romana portano a una

123 Garber, P. (1989) "Tulipmania", *Journal of Political Economy*, 97 (3), pp.535-560.

124 Dale, R.S., Johnson, J.E.V., Tang, L. (2005) "Financial markets can go mad: evidence of irrational behaviour during the South Sea Bubble", *Economic History Review*, Vol. 58, No. 2, pp. 233-271.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

complessiva riorganizzazione del sistema bancario nazionale comprendente l'istituzione della Banca d'Italia.

Negli Stati Uniti, diverse crisi bancarie con corse agli sportelli avvengono già nell'immediato periodo post-indipendenza e la loro frequenza aumenta successivamente alla guerra di secessione. Almeno cinque eventi di panico di larga portata colpiscono il settore bancario statunitense tra il 1873 e il 1907¹²⁵ oltre a numerosi altri eventi minori. Si tratta comunque di fenomeni circoscritti a specifiche aree geografiche o istituzioni finanziarie. Il panico del 1907 negli Stati Uniti avviene per speculazioni legate ai *trusts* e alla loro carente regolamentazione; in risposta, vengono effettuate riforme bancarie tra cui l'istituzione della Federal Reserve, la banca centrale degli Stati Uniti nota anche come Fed. Non viene tuttavia istituita alcuna garanzia statale per i depositi e pertanto non viene eliminato il rischio di nuove ondate di panico e corse agli sportelli.

La crisi finanziaria che più si avvicina ai fatti recenti è quella del 1929, seguita dal lungo periodo di crisi economica noto come la Grande Depressione. La crisi era stata preceduta da un decennio di crescita sostenuta (i *roaring twenties*) con una forte espansione trainata in particolare dai settori energetico e automobilistico.

La crisi viene anticipata per tutto il 1929 da un incremento di volatilità nei mercati azionari, che raggiunge il suo apice nel mese di

¹²⁵ Ricordiamo i fenomeni di panico che avvengono negli Stati Uniti nel settembre 1873, nel giugno 1884, nel maggio 1893, nell'ottobre 1896 e nell'ottobre 1907. Ricordiamo anche il panico del novembre 1890 nel Regno Unito.

ottobre. Il 24 e il 29 ottobre 1929, nelle due sedute chiamate in seguito "giovedì nero" e "martedì nero" di Wall Street, le quotazioni azionarie crollano. La caduta dei mercati riflette sia dinamiche speculative che squilibri economici di fondo; in particolare, l'economia risentiva ancora del rialzo nei tassi d'interesse da parte della Fed a partire dal 1928, avvenuto dopo quasi una decade di espansione monetaria.

Dopo il crollo, permane per circa un biennio un cauto ottimismo sull'uscita dalla crisi; ne è prova evidente il recupero delle quotazioni nei mercati azionari che ad aprile 1930 riassumono valori pre-crisi. Tuttavia, l'espansione della crisi al settore bancario nel 1930-1931, non affrontata adeguatamente dalla Fed¹²⁶, sfocia in una spirale deflazionistica che fa precipitare rapidamente la situazione e sprofondare l'economia in una profonda depressione.

Sul piano politico, la crisi viene inizialmente affrontata dall'amministrazione di Herbert Hoover secondo i principi di conservatorismo fiscale e di liberalismo classico. Le sue politiche falliscono tuttavia miseramente, portando talvolta a un inasprimento della crisi. Un esempio è dato dalle misure protezionistiche che vengono riprese dai partner commerciali esteri e portano a pesanti diminuzioni nel commercio internazionale.

Nel 1933 entra in carica Franklin Delano Roosevelt, che affronta la crisi mediante un mix di politiche a sostegno della domanda e di contrasto alla deflazione note come *New Deal*. Le politiche prevedono un

126 Bernanke, B.S. (2000) *Essays on the great depression*, Princeton University Press, Princeton.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

ampio ricorso al *deficit spending*, secondo quanto raccomandato dalle teorie innovative sul ciclo economico proposte dell'economista britannico John Maynard Keynes. Grazie a tali politiche, la ripresa economica viene progressivamente agganciata, anche se è opinione comune¹²⁷ tra gli storici che per la completa uscita dalla crisi occorrerà aspettare l'avvento della seconda guerra mondiale.

La crisi del 1929 porta a innovazioni radicali sia nella regolamentazione che nella teoria economica dei mercati finanziari.

Negli anni immediatamente successivi, vengono approvate radicali riforme del settore creditizio e finanziario. La legge fondamentale è il Glass-Steagall Act del 1933; tra i punti principali, prevede per ciascun ente finanziario l'esercizio esclusivo di una sola funzione tra banca commerciale, banca di investimento o compagnia assicurativa.

Il nuovo sistema di regolamentazione prudenziale viene incentrato sulla creazione di una rete di protezione per i risparmiatori. La raccolta dei depositi è consentita alle sole banche commerciali, che vengono sottoposte a stretta regolamentazione volta a limitarne l'assunzione di rischio. In cambio, viene loro concessa una serie di privilegi quali l'accesso immediato al credito della Fed (attraverso la cosiddetta *discount window*) e, cosa ancora più importante, i loro depositi vengono assicurati dal governo. L'obiettivo primario dei privilegi è garantire la fiducia dei risparmiatori ed evitare il ripetersi di corse agli sportelli. Per

127 Si veda, ad esempio: Galbraith, J.K. (1990) *Storia dell'economia*, Rizzoli, Milano.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

amministrare la garanzia sui depositi bancari, la legge prevede l'istituzione della Federal Deposit Insurance Corporation (FDIC), che diventa operativa dal 1° gennaio 1934. Per amministrare la garanzia sui depositi di risparmio, viene inoltre istituita la Federal Savings and Loan Insurance Corporation (FSLIC); circa mezzo secolo più tardi, tale ente verrà travolto dalla *Savings and Loan Crisis*, diverrà insolvente e confluirà nella FDIC al termine di un salvataggio governativo.

Al contrario dei risparmiatori, i cui depositi presso banche ed enti di risparmio vengono garantiti, la riforma non prevede per gli investitori alcuna garanzia governativa. Si ritiene infatti che l'attività di investimento debba essere soggetta quanto più possibile alle regole di mercato e che le perdite potenziali per gli investitori siano compensate da altrettanti possibili guadagni. Le banche d'investimento vengono quindi sottoposte a una più tenue regolamentazione rispetto a quelle commerciali. Viene tuttavia incrementato il controllo governativo sui mercati, primariamente attraverso l'istituzione della Security Exchange Commission (SEC) cui viene delegato il compito di vigilare sul regolare funzionamento dei mercati e prevenire abusi societari.

Il sistema di regolamentazione istituito dal Glass-Steagall Act a seguito della Grande Depressione rimane in vigore per oltre mezzo secolo, dando un contributo fondamentale alla stabilità del sistema finanziario statunitense. Verrà progressivamente smantellato a partire dal 1980, quindi definitivamente abrogato dal Gramm-Leach-Bliley Act del 1999. Una riforma altrettanto radicale nella regolamentazione

finanziaria statunitense si avrà nel 2010, sotto l'amministrazione di Barack Obama, con il Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act.

3.2 Quadro teorico di riferimento: keynesiani e monetaristi

La riflessione economica sulle cause della crisi del 1929 si è sviluppata nel tempo lungo due direttrici: le ragioni immediate della crisi e quelle della trasformazione da recessione in depressione. Gli innumerevoli scritti non hanno tuttavia prodotto a tutt'oggi una spiegazione generalmente accettata sulla sua sopravvenuta.

Possiamo individuare due tesi principali che hanno riscosso ampio successo nello spiegare la crisi e che individuano altrettante scuole di pensiero: quella keynesiana e quella monetarista.

La prima tesi risale alla Teoria generale dell'occupazione, dell'interesse e della moneta dell'economista inglese John Maynard Keynes.¹²⁸ L'opera viene pubblicata per la prima volta nel 1936 e dà vita alla cosiddetta rivoluzione keynesiana sul ruolo della domanda aggregata nell'economia di una nazione. Secondo tale teoria, il livello di occupazione è determinato dalla domanda aggregata di beni e servizi e non dal costo del lavoro, come asserito in precedenza dalla teoria economica neoclassica. Dunque, la crisi del 1929 si origina dalla diminuzione nella spesa aggregata che ha contribuito al massiccio

128 Keynes, J.M. (1936) *The General Theory of Employment, Interest and Money*, Macmillan, London. [In Italiano in: Keynes, J.M. (2006) *Teoria generale dell'occupazione, dell'interesse e della moneta*, UTET, Torino.]

declino nella produzione e dunque nei redditi.

La tesi monetarista risale al libro *Monetary History of the United States, 1867-1960* di Milton Friedman e Anna Schwartz, pubblicato per la prima volta nel 1963.¹²⁹ Tra i suoi più illustri sostenitori, vi è l'attuale direttore della Fed, Ben Bernanke.¹³⁰ Secondo tale teoria, la colpa della crisi risale alle politiche sbagliate della Fed di contrazione della quantità monetaria, tra il 1928 e il 1933, che hanno trasformato una normale recessione nella Grande Depressione. Il primo errore fu il rialzo dei tassi nel 1928, il secondo l'aver lasciato fallire le maggiori banche, con una conseguente ondata di panico e corsa agli sportelli di risparmiatori e investitori. Il terzo non aver sostenuto il restante sistema bancario sull'orlo del collasso, con fallimenti a catena di istituti altrimenti sani ma resi esangui dai massicci prelievi di liquidità dei depositari. Se la Fed avesse garantito prestiti d'emergenza alle banche maggiori in difficoltà o se, in seguito al loro fallimento, avesse quantomeno comprato titoli governativi, finanziando il debito pubblico e immettendo liquidità sul mercato, il resto del sistema bancario non sarebbe stato travolto e l'offerta di moneta non sarebbe diminuita così significativamente. Con meno moneta in circolazione, le imprese hanno difficoltà a finanziare nuovi investimenti attraverso la sottoscrizione di nuovi mutui, o addirittura a rifinanziare i mutui in scadenza. Ne consegue una diminuzione dell'attività economica che diminuisce l'occupazione e i

129 Friedman, M., Schwartz, A.J. (1963) *Monetary History of the United States, 1867-1960*, Princeton University Press, Princeton.

Friedman, M., Schwartz, A.J. (1979) *Il dollaro. Storia monetaria degli Usa (1867-1960)*, UTET, Torino.

130 Bernanke, B.S. (2000) *Essays on the great...* op. cit.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

redditi.

La politica monetaria della Fed viene vista come la causa della crisi anche secondo la cosiddetta Scuola economica austriaca, che ha il suo capofila in Ludwig von Mises. Tuttavia, a differenza dei monetaristi di Friedman, la Scuola austriaca vede l'errore nell'eccesso di interventismo della Fed, che negli anni precedenti la crisi aveva finanziato la bolla speculativa attraverso la politica di tassi bassi e la creazione di eccessiva base monetaria.

Le teorie monetariste della scuola di Friedman e quelle della Scuola austriaca divergono diametralmente sul ruolo della banca centrale. Tuttavia, potrebbero essere viste come solo apparentemente contraddittorie se venissero intese come due facce di una stessa medaglia: la politica di allargamento della base monetaria migliora le prestazioni dell'economia con l'effetto collaterale di creare scompensi nell'economia stessa attraverso il finanziamento di investimenti altrimenti non remunerativi. Se la vedessimo come un farmaco che crea dipendenza, la cura proposta da Friedman potrebbe essere vista, alla luce di tale metafora, come quella di evitare di togliere il farmaco al paziente in crisi d'astinenza; quella di Von Mises, di non somministrare il farmaco evitando *ab origine* che la dipendenza prenda piede e stimolando il paziente a sviluppare i propri anticorpi. Tale esemplificazione è certamente estrema e manca di cogliere appieno la profondità delle due teorie; riesce tuttavia a rappresentare chiaramente la sostanziale differenza di approccio.

3.3 La teoria della deflazione del debito di Fisher

Esponiamo di seguito una cornice teorica che ben descrive l'andamento della crisi bancaria e finanziaria del '29 e che può inoltre essere applicata nella descrizione delle dinamiche della crisi dei mutui *subprime*. Questa cornice teorica consiste nella teoria della deflazione del debito (in Inglese: *Debt Deflation Theory*) proposta nel 1933 dall'economista americano Irving Fisher per spiegare la Grande Depressione.¹³¹ Fisher viene colpito pesantemente nella reputazione e nel patrimonio dalle errate previsioni iniziali circa la durata e le dimensioni della Grande Depressione. Ne trae tuttavia insegnamento per mutare le proprie credenze. Suggerisce quindi che i fattori dominanti di una crisi finanziaria siano un iniziale sovra-indebitamento seguito da deflazione del debito. Descrive il meccanismo di propagazione della crisi dalla finanza all'economia a partire da una situazione di debito eccessivo. Gli agenti (imprese e famiglie) che si ritrovano fortemente indebitati vendono le loro attività finanziarie per tentare di rimborsare i propri debiti. Ma queste vendite massicce fanno abbassare i prezzi e dunque aumentano il valore reale del debito, che necessita per il rimborso di una nuova vendita di attività.

Per Fisher, le depressioni economiche risultano in primo luogo dall'indebitamento generatosi in precedenti periodi di boom economico, anche a seguito di innovazioni tecnologiche per cui le aspettative sui profitti sono risultate estremamente elevate. In tali circostanze, alle

131 Fisher, I. (1933) "The debt-deflation theory of great depressions", *Econometrica*, 1, pp. 337–357.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

prime difficoltà di rimborso di una esigibilità può seguire una ricalibrazione del rischio da parte di creditori e debitori, che eventualmente sfocia nel panico. Le sequenze in cui la crisi finanziaria si propaga all'economia sono allora le seguenti:

1. liquidazione dei debiti (*margin call*) e vendita massiccia delle attività;
2. contrazione della moneta di deposito e riduzione della velocità di circolazione della moneta;
3. calo dei prezzi;
4. calo del valore netto delle aziende e incremento dei fallimenti;
5. calo dei profitti e della produzione;
6. riduzione dell'impiego occupazionale e del commercio;
7. pessimismo e perdita di confidenza legate ai fallimenti e alla disoccupazione;
8. corsa alla liquidità (in Inglese: *flight-to-liquidity*), calo della domanda aggregata di beni e servizi, e nuovo rallentamento nella velocità di circolazione della moneta;
9. diminuzione dei tassi di interesse nominali e incremento di quelli reali.

I differenti fattori di questa catena causale presentano tra loro delle relazioni complesse. Se il calo dei prezzi non è marcato, il rallentamento nel ciclo economico è lieve. Se invece è consistente, la deflazione porta a un aggravio nel livello del debito. Ne possiamo trarre le seguenti conclusioni.

In primo luogo, la deflazione è un pericolo che mina il sistema creditizio, ponendo pericoli di sopravvivenza per l'intero settore finanziario con pesanti conseguenze recessive per l'economia reale. È fondamentale evitarla per far ripartire il sistema finanziario. Per fare ciò occorre interrompere la spirale che lega la crisi del sistema creditizio al ribasso dei prezzi delle attività. Solo riportando sotto controllo i prezzi (ad esempio, restaurando la fiducia nei mercati) la deflazione può essere evitata.

In secondo luogo, gli investimenti a supporto della domanda (sussidi di disoccupazione, sgravi fiscali, eccetera) sono consigliabili in quanto alleviano gli effetti della crisi; tuttavia, non sono sufficienti in quanto non agiscono sulla causa fondante della crisi che è l'eccesso di debito.

In terzo luogo, importanti innovazioni nelle tecnologie o nella regolamentazione possono essere causa di un eccesso di investimenti finanziati da debito, per via di aspettative troppo ottimistiche dei profitti, cui segue la formazione di una bolla speculativa. Occorre dunque predisporre sistemi di regolamentazione e controllo funzionali a prevenire il sovra-indebitamento dell'economia e a garantire una efficiente allocazione del capitale tra i possibili investimenti.

4. Le lezioni non recepite: crisi emblematiche recenti di origine bancaria

Sommario: 4.1 Savings and Loan Debacle. 4.2 Crisi di Finlandia e Svezia del 1990-1992. 4.3 I “decenni perduti” dell'economia giapponese. 4.4 Similarità tra politica monetaria giapponese e crisi attuale. 4.5 Problemi di merito di politiche monetarie non convenzionali.

Vi sono almeno tre crisi finanziarie recenti di origine bancaria che colpiscono delle economie avanzate e che presentano diverse dinamiche marcatamente simili a quelle della crisi finanziaria statunitense dei mutui *subprime*.

La prima è la *Savings and Loan Debacle* negli Stati Uniti, che ha origine negli anni '80 e i cui interventi di salvataggio si protrarranno per tutti gli anni '90; le similarità sono da ritrovarsi nel mix di deregolamentazione e azzardo morale alla base della crisi.

La seconda è la crisi di Finlandia e Svezia del 1990-1992. Anche qui le similarità con la crisi attuale sono da ritrovarsi nelle cause: deregolamentazione, azzardo morale e politiche espansive delle banche centrali che finiscono per finanziare bolle speculative nelle economie dei due paesi.

La terza è la crisi che colpisce il Giappone negli anni '90. Si tratta di una crisi estremamente complessa, graduale più che catastrofica e che si riflette in un notevole e persistente rallentamento della crescita. Le similarità con i fatti recenti si rinvergono soprattutto nella politica

monetaria non convenzionale perseguita dalla banca centrale giapponese dalla metà degli anni '90 per combattere la deflazione e stimolare l'uscita dalla crisi.

4.1 *Savings and Loan Debacle*

A partire dagli anni '80 una ondata crescente di crisi finanziarie colpisce le economie mondiali. Quelle maggiormente colpite appartengono a paesi in via di sviluppo, ma anche tra le economie avanzate le crisi non mancano. Negli Stati Uniti, una crisi emblematica è la *Savings and Loan Debacle*, cioè il salvataggio governativo degli enti di gestione del risparmio noti come *savings and loan associations*. Tale crisi mostra come deregolamentazione e azzardo morale possano costituire una miscela esplosiva per i mercati finanziari, con ampio anticipo rispetto alla crisi dei mutui *subprime* del primo decennio del Duemila.

Nel 1980, nell'ultimo anno dell'amministrazione di Jimmy Carter, il Congresso approva il *Depository Institutions Deregulation and Monetary Control Act*, che abolisce alcune precedenti restrizioni previste per gli enti di gestione del risparmio nell'operare sui mercati finanziari. Contemporaneamente, estende da 40.000 a 100.000 dollari (una cifra enorme per l'epoca) le garanzie prestate dalla FDIC sui depositi bancari e dalla FSLIC sui depositi di risparmio. Uno degli effetti di tale misura è l'indebolimento del controllo di mercato da parte dei risparmiatori sulla solvibilità degli enti creditizi, per via del maggiore

azzardo morale.

Nel 1982, sotto l'amministrazione di Ronald Reagan, il Congresso approva il Garn–St.Germain Depository Institutions Act che estende ulteriormente l'operatività degli enti di gestione del risparmio, soprattutto per quanto riguarda le capacità di prestito. Le associazioni di *savings and loan* si ritrovano dunque a poter esercitare attività bancaria, in forma impropria e con meno regolamentazione rispetto alle banche commerciali. Questo si traduce in un vantaggio competitivo noto come arbitraggio prudenziale (in Inglese: *regulatory arbitrage*), che genera azzardo morale da parte dei gestori dei risparmi.

Un'ampia parte degli istituti di *savings and loan* inizia ben presto ad accumulare perdite, anche per l'inesperienza nell'operare nel settore bancario e nei mercati finanziari. Migliaia di istituti in difficoltà richiedono l'assistenza della FSLIC, l'agenzia governativa creata durante la Grande Depressione per la garanzia dei depositi di risparmio. Le perdite da ripianare sono però troppe e la FSLIC diventa insolvente. Dopo numerosi tentativi di salvataggio governativo, l'agenzia viene dismessa nel 1989 e le sue competenze affidate alla FDIC. Gli impegni di legge a garanzia dei depositi di risparmio vengono rispettati, ma al costo di circa 124 miliardi di dollari a carico del governo e dunque dei contribuenti tra il 1986 (anno in cui per la prima volta la FSLIC diventa insolvente) e il 1996; nello stesso periodo, i costi della crisi per il settore degli enti di risparmio ammonteranno a 29 miliardi di dollari.¹³²

132 Curry, T., Shibut, L. (2000) "The Cost of the Savings and Loan Crisis: Truth and Consequences", *FDIC Banking Review*, Vol. 13, No. 2, <http://www.fdic.gov/bank/analytical/banking/2000dec/brv13n2_2.pdf>.

4.2 Crisi di Finlandia e Svezia del 1990-1992

La crisi finanziaria di Finlandia e Svezia¹³³ del 1990-1992, pur di dimensioni nettamente inferiori, presenta interessanti similarità con la crisi dei mutui *subprime* negli Stati Uniti per quanto riguarda le possibili cause. Vengono infatti entrambe precedute da una massiccia deregolamentazione del settore finanziario; nei due paesi scandinavi questo avviene nella seconda metà degli anni '80. La deregolamentazione crea azzardo morale tra gli istituti di credito, che si riflette negativamente nella qualità e quantità del credito erogato. Nello stesso periodo, una politica monetaria espansionistica delle banche centrali favorisce il sovra-indebitamento di banche e imprese e la formazione di bolle speculative nei mercati immobiliari.

All'inizio degli anni '90 l'Europa occidentale viene colpita da una severa recessione, che culmina nella crisi degli accordi europei di cambio (in Inglese: *Exchange Rate Mechanism*). La recessione si rivela più severa in Finlandia e Svezia, dove scoppiano le bolle speculative create nella seconda metà degli anni '80 nei settori immobiliari e degli investimenti. La natura e lo svolgimento della crisi nei due paesi è sorprendentemente simile, per cui viene spesso descritta come un evento congiunto. La sua evoluzione è ben rappresentata dal modello di Irving Fisher¹³⁴ sulla deflazione del debito. Le economie subiscono una flessione profonda e persistente, che si interrompe solo nel 1993 dopo

133 Jonung, L., Kiander, J., Vartia, P. (2008) *The Great Financial Crisis in Finland and Sweden - The dynamics of boom, bust and recovery, 1985-2000*. European Commission Economic Papers, n. 350.

134 Vedi capitolo 3.3.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

un triennio di depressione economica.

Gli effetti della depressione si ripercuotono pesantemente sulla ricchezza prodotta mentre termina il periodo di piena occupazione goduto fino a quel momento dai due paesi.¹³⁵ La crisi fa inoltre da spartiacque tra una politica monetaria accomodante, caratterizzata da alta inflazione, e una politica monetaria orientata alla stabilità e caratterizzata da inflazione bassa (e talvolta pari a zero o addirittura negativa).

Agli occhi degli economisti e regolatori del tempo, le dimensioni della crisi dei paesi scandinavi appaiono come una anomalia e una sorpresa. Contraddicono infatti le convinzioni in quel momento preponderanti, note come *Washington consensus*¹³⁶, secondo cui non sarebbe possibile che un fenomeno di depressione economica colpisca paesi come Finlandia e Svezia, con una lunga tradizione di piena occupazione, uno stato sociale efficiente e avanzato, e una forte influenza sindacale sulle politiche del lavoro e dell'assistenza.

4.3 I “decenni perduti” dell'economia giapponese

L'ultima crisi finanziaria che andiamo a descrivere è quella che colpisce il Giappone negli anni '90 ossia nel cosiddetto "decennio

135 Tra il 1990 e il 1993, il PIL diminuisce di circa il 10,5% in Finlandia e del 4,7% in Svezia. Il tasso di disoccupazione sale da un livello del 3% circa in Finlandia nel triennio 1989-1991 a un massimo di circa il 18% all'inizio del 1994; e da un livello del 2% circa in Svezia nel 1990 a una media del 10% nel periodo 1993-1997.

Fonte: Jonung, L., Kiander, J., Vartia, P. (2008) *The Great Financial Crisis...* op. cit.

136 Per un approfondimento sul *Washington consensus*, si vedano i capitoli 5.1 e 8.1.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

perduto" dell'economia giapponese. Si tratta di una crisi estremamente complessa, le cui similarità con i fatti recenti si rinvengono soprattutto nella politica monetaria non convenzionale perseguita dalla banca centrale giapponese per stimolare l'uscita dalla crisi.

Le origini di tale crisi possono essere rintracciate negli accordi del Plaza Hotel del 22 settembre 1985, tra Stati Uniti, Giappone, Germania, Francia e Regno Unito, che hanno previsto la rivalutazione di yen e marco nei confronti del dollaro. In circa un anno il tasso di cambio passa così da 250 a 150 yen per dollaro. Lo yen forte unito a una politica di bassi tassi di interesse da parte della Banca centrale, porta alla creazione di una bolla speculativa nei mercati immobiliare e azionario, ritenuta evidente e prevedibile¹³⁷. Tra il settembre 1985 e il dicembre 1989, l'indice Nikkei rappresentativo della borsa di Tokyo viene più che triplicato, toccando un massimo di 38.957 punti nel 29 dicembre 1989. Nello stesso arco di tempo, salgono i prezzi di case e terreni fino a toccare, in alcune zone, quotazioni stellari.

All'inizio del 1990 la bolla speculativa scoppia: nel giro di nove mesi, tra gennaio e settembre, l'indice Nikkei crolla, dimezzando il suo valore. La discesa prosegue negli anni successivi, fino a toccare un minimo di 8.237 punti a fine gennaio 2003. Tra il 1990 e il 1991 scendono drasticamente anche i prezzi di terreni ed edifici.

L'anomalia della crisi giapponese sta tutta nei dati di crescita del PIL e dell'inflazione: a dispetto dello scoppio della bolla, l'economia

¹³⁷ Si veda ad esempio: Krugman, P. (2008) *The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008*, Penguin Books, London, pp. 61-66.

cresce del 5,3% nel 1990 e del 3,4% nel 1991. Tassi positivi di crescita del PIL permarranno quasi costantemente nelle decadi successive, con le eccezioni dei bienni 1998-99 e 2008-09 dovute al contagio di crisi economiche internazionali esterne. Tuttavia, il deciso abbassamento del tasso medio di crescita rispetto alle decadi precedenti ha fatto parlare di crisi di crescita, mentre il periodo tra il 1991 e il 2010 è divenuto conosciuto come i "decenni perduti" dell'economia giapponese. Tra le cause, un sistema bancario opaco e sovra-indebitato, fattori demografici di invecchiamento della popolazione, e un calo persistente della domanda interna.

4.4 Similarità tra politica monetaria giapponese e crisi attuale

La risposta governativa alla crisi del Giappone è stata piuttosto lenta e incentrata specialmente in politiche di *deficit spending*, volte a ripianare i debiti del sistema bancario e a stimolare la domanda interna mediante investimenti in infrastrutture.

Sul piano della politica monetaria, la Bank of Japan si è ritrovata ad affrontare una situazione inaspettata e a lungo dimenticata: la deflazione dei prezzi. Anche in questo caso la risposta è stata estremamente lenta; tuttavia i metodi non convenzionali adottati progressivamente dal governatore della banca, Masaaki Shirakawa, si riveleranno corretti e serviranno da modello alle politiche monetarie adottate dalle altre banche centrali durante la recente crisi globale.

Dalla seconda metà degli anni '90, la politica monetaria della Banca centrale giapponese è stata incentrata su politiche monetarie non convenzionali. A partire dal 2008, seguendo l'evoluzione della crisi dei mutui *subprime*, queste vengono riprese su scala globale dai governatori delle banche centrali di Stati Uniti, Regno Unito e, parzialmente, dalla Banca Centrale Europea. Tali politiche consistono innanzitutto nel mantenimento del tasso ufficiale di sconto e di quello *overnight* a valori prossimi allo zero; in secondo luogo, su procedure dette di alleggerimento quantitativo (in Inglese: *quantitative easing*). Quest'ultima è una politica non convenzionale di creazione di moneta e di sua immissione nel sistema finanziario ed economico con operazioni di mercato aperto. Consiste nell'aumento delle riserve in eccesso del sistema bancario, attuato mediante acquisizioni in soprannumero della banca centrale di titoli di stato o di titoli di debito privati, con lo scopo di stabilizzarne o aumentarne il prezzo e di ridurre i tassi di interesse a lungo termine. Nel caso della Bank of Japan, le riserve in eccesso arrivano a toccare il 5,8% del PIL nominale, a fronte di un 6,2% della Federal Reserve e un 3,5% della Banca Centrale Europea nel pieno della recente crisi finanziaria.¹³⁸ La Bank of Japan prende inoltre impegni credibili a mantenere le politiche di tassi prossimi allo zero e di *quantitative easing* fin tanto che la ripresa non abbia raggiunto degli obiettivi minimi prefissati.

Una ulteriore innovazione della Banca centrale giapponese, ripresa

138 Shirakawa, M. (2009) "Unconventional monetary policy – central banks: facing the challenges and learning the lessons". Remarks at the Conference co-hosted by the People's Bank of China and the Bank for International Settlements (Shanghai, 8th August 2009). *BIS Review*, 97.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

dalla Federal Reserve durante la crisi dei mutui *subprime*, è la pratica detta di alleggerimento creditizio (in Inglese: *credit easing*). Anche questa è una politica non convenzionale di creazione di moneta attraverso operazioni di mercato aperto, e può essere considerata una tipologia specifica di alleggerimento quantitativo. Consiste nell'acquisto o nella sottoscrizione di mutui garantiti da collaterale, con lo scopo di aumentare la liquidità nei mercati. Il procedimento è anche detto di espansione del bilancio della banca centrale, che al termine della procedura incorpora le nuove attività e passività rappresentate dai mutui. La Bank of Japan dalla seconda metà degli anni '90 e la Federal Reserve nel corso della recente crisi hanno utilizzato il *credit easing* per sostenere il valore e la liquidità dei mercati di titoli ABS e ABCP¹³⁹.

È bene sottolineare che ogni crisi è differente dalle altre e va affrontata con politiche *ad hoc*. Tuttavia, possiamo evidenziare numerose analogie tra la situazione affrontata dalla Bank of Japan e la crisi attuale.¹⁴⁰

Primo, la capacità per interi settori dell'economia di assumere rischi risulta in entrambi i casi severamente ridotta; di conseguenza, la disponibilità di un tasso di interesse basso o addirittura pari a zero non è sufficiente a far ripartire gli investimenti. L'efficacia delle politiche monetarie convenzionali risulta dunque fortemente indebolita.

Secondo, l'azzeramento dei tassi di interesse riduce ulteriormente i

139 Gli acronimi stanno per *Asset Backed Securities* e *Asset Backed Commercial Papers*.

140 Si veda anche: Shirakawa, M. (2009) "Unconventional monetary policy... op. cit.

marginari di manovra della banca centrale attraverso politiche convenzionali. In Giappone, il tasso ufficiale di sconto e quello *overnight* risultano quasi costantemente pari o al di sotto dello 0,5% da settembre 1995, ovvero da cinque anni dopo lo scoppio della bolla immobiliare fino ad oggi. Negli Stati Uniti, la risposta della Fed è stata più veloce, ma sono comunque passati tre anni dal picco della bolla immobiliare nel 2006 prima che i tassi di interesse scendessero ai livelli giapponesi.

Terzo, la *conditio sine qua non* per rivitalizzare l'economia è stata la ricapitalizzazione del settore bancario attraverso un procedimento costoso, politicamente impopolare e non immediato. Benché largamente più rapidi di quelli avvenuti in Giappone, anche gli interventi delle autorità europee e statunitensi avvengono a oltre un anno dallo scoppio della crisi dei mutui *subprime* nell'estate del 2007.

4.5 Problemi di merito di politiche monetarie non convenzionali

Le politiche monetarie di stimolo alla crescita economica, operate dalla Bank of Japan e riprese dagli istituti centrali di Stati Uniti ed Europa durante la recente crisi globale, pongono alcuni problemi di metodo e di merito. Il primo riguarda le modalità di comunicazione ai mercati e al pubblico in generale delle politiche monetarie perseguite, siano queste innovative o meno. Durante una crisi, l'incertezza riguardo alle politiche monetarie ne diminuisce infatti l'efficacia, ed è quindi opportuno il massimo sforzo comunicativo da parte della banca centrale

per spiegarne a tali soggetti le modalità operative e gli obiettivi.

Un ulteriore problema riguarda le interazioni della politica monetaria con la politica fiscale, cioè con le decisioni prese dai governi riguardo l'entità della spesa pubblica per beni e servizi, l'ammontare dei trasferimenti e il sistema fiscale. Le politiche monetarie delle banche centrali dirette allo stimolo della produttività e della crescita economica possono sovrapporsi come funzione alle politiche fiscali, che sono di competenza del governo e dunque, in ultima analisi, soggette al controllo e all'indirizzo dei cittadini. Tale sovrapposizione è generalmente normale e desiderabile. Tuttavia, qualora situazioni contingenti limitino l'efficacia delle politiche monetarie convenzionali e le banche centrali debbano ricorrere a effettuare misure di stimolo mediante politiche monetarie non convenzionali, pesa su queste ultime un dilemma relativo alla loro legittimazione democratica. Al di là delle considerazioni economiche, il cittadino può infatti sentirsi privato della possibilità di incidere sul merito di tali scelte per il tramite dei propri rappresentanti.

Risulta allora fondamentale per le banche centrali perseguire la massima trasparenza nei confronti dei cittadini sulle proprie responsabilità nelle scelte di indirizzo economico, attraverso, nuovamente, delle politiche di comunicazione adeguate. È inoltre necessaria una profonda riflessione tra politici, cittadini e istituzioni su chi debba assumersi, in una società democratica, la responsabilità e il controllo di tali scelte.

Parte III

La crisi dei mutui *subprime* negli Stati Uniti

5. Le cause della crisi

Sommario: 5.1 Origini della crisi. 5.2 Il fenomeno del regulatory arbitrage. 5.3 Il regime di self-regulation delle banche di investimento. 5.4 Dalla bolla del mercato NASDAQ a quella del settore immobiliare. 5.5 La nascita del sistema bancario ombra. 5.6 Il modello originate-to-distribute. 5.7 Asimmetrie informative del sistema bancario ombra. 5.8 Azzardo morale, conflitti di interesse e il problema di agenzia. 5.9 Il fenomeno del predatory lending. 5.10 Il ruolo del fair value nel portare i debiti fuori bilancio. 5.11 Copula gaussiana ed errori di valutazione dei titoli. 5.12 Crisi di fiducia e crisi di liquidità.

5.1 Origini della crisi

È opinione generalmente accettata tra economisti e commentatori che le origini della crisi dei mutui *subprime* negli Stati Uniti possano essere rinvenute in una regolamentazione del settore che si è rivelata inadatta a raccogliere le sfide poste dalle continue innovazioni del sistema finanziario e a preservarne la stabilità e la solvibilità.

La deregolamentazione del settore finanziario negli Stati Uniti avviene a partire dagli anni '80, come si è detto in precedenza a proposito della crisi degli enti *Savings and Loan*. Nell'arco di tempo che va da tale periodo allo scoppio della crisi nel 2007, tra le istituzioni finanziarie internazionali è largamente condivisa l'idea che liberalizzazioni, apertura dei mercati e *deregulation* possano portare benefici, specialmente in termini di crescita economica, tali da compensarne ampiamente i costi. Tale concezione viene supportata da

un ampio fronte istituzionale, generalmente conosciuto come il *Washington consensus*, che promuove, a partire dagli anni '90, una politica di deregolamentazione e apertura dei mercati a livello sia nazionale che globale. Pur con qualche rara e rimarcabile eccezione (ad esempio, Joseph Stiglitz¹⁴¹), si sostiene infatti che le ricadute negative sulla stabilità finanziaria possano essere prerogativa solo di quelle economie in via di sviluppo non dotate di istituzioni finanziarie sufficientemente solide¹⁴².

Tra i maggiori sostenitori della *deregulation* vi è il direttore della Federal Reserve, Alan Greenspan. Con lui alla guida della Fed, il sistema finanziario statunitense subisce una massiccia deregolamentazione. La sua strategia è di promuovere la concorrenza nei settori finanziari e di lasciare che siano i mercati stessi a imporsi una disciplina. Tale autodisciplina viene stimolata dando al mercato una “ambiguità costruttiva” sulle intenzioni della banca centrale di intervenire come prestatore di ultima istanza a istituzioni eventualmente in dissesto. Greenspan ammonisce sui possibili effetti della “esuberanza irrazionale”¹⁴³ dei mercati ma di fatto lascia che tale esuberanza guidi, nel bene e nel male, la crescita economica. Per le sue politiche è stato dipinto come il *designated driver* dell'economia statunitense, ovvero il

141 Sulle segnalazioni di Stiglitz e altri della pericolosità del sistema finanziario, si veda anche il capitolo 8.1.

142 In tal senso: Kose, M.A., Prasad, E., Rogoff, K., Wei, S.J. (2006) *Financial Globalization: A Reappraisal*, IMF Working Paper, WP/06/189.

Si veda inoltre quanto detto a proposito della crisi di Finlandia e Svezia del 1990-1992, nel capitolo 4.2.

143 Greenspan, A. (1996) *The challenge of central banking in a democratic society*. Speech at the Annual Dinner and Francis Boyer Lecture of The American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington, D.C., 5th December 1996.

genitore che, pur borbottando, lascia partecipare i figli a una festa fino a notte fonda per poi ricondurli sani e salvi a casa una volta che questa è finita.¹⁴⁴ Una discontinuità di Greenspan con il passato, rappresentato dal “falco” anti-inflazione Paul Volcker, è l'interventismo nel manipolare i tassi di interesse al ribasso per stimolare la crescita economica.

Le scelte di Greenspan e il suo supporto alla deregolamentazione vengono ampiamente condivise dalle amministrazioni politiche statunitensi, dalle istituzioni finanziarie internazionali e dalle potenti banche di investimento di Wall Street. Un importante esempio è la raccomandazione di lasciare il mercato dei titoli derivati sostanzialmente privo di regolamentazioni esterne, ma soggetto alla sola auto-regolamentazione (in Inglese: *self regulation*). Il parere viene emesso nel 1999 da Greenspan insieme al Segretario al Tesoro degli Stati Uniti, Larry Summers, e al direttore della Security Exchange Commission, Arthur Levitt¹⁴⁵; viene recepito dal Congresso con il Commodity Futures Modernization Act del 2000. Inizia così il boom dei mercati *over-the-counter* (OTC), ossia non regolamentati, dei titoli derivati.

La politica di *deregulation* produce una grande vivacità nei mercati finanziari. Nella seconda metà degli anni '90, numerose limitazioni ancora in vigore del Glass-Steagall Act del 1933 vengono *de facto*

144 Citato da: Krugman, P. (2008) *The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008*, Penguin Books, London, p 143.

145 Summers, L.H., Greenspan, A., Levitt, A., Rainer, W.J. (1999) *Over-the-Counter Derivatives Markets and the Commodity Exchange Act*. Report of the President's Working Group on Financial Markets, 9th November 1999.

temporaneamente sospese giudizialmente, nell'aspettativa di una riforma organica del settore.¹⁴⁶ Questa arriva con il Gramm–Leach–Bliley Act del 1999 che abroga ampie parti del Glass-Steagall Act tra cui il divieto di commistione tra le funzioni di banca commerciale, banca di investimento e compagnia assicurativa. Viene quindi permesso agli enti finanziari di consolidarsi o fondersi per l'esercizio congiunto di attività bancarie, assicurative e di intermediazione finanziaria. Nell'Unione Europea, questo era già permesso dal 1993¹⁴⁷ dalla seconda direttiva europea sulle banche, 89/646/CEE.

5.2 Il fenomeno del *regulatory arbitrage*

A seguito della *deregulation*, possiamo individuare alla fine degli anni '90 tre profili di regolamentazione delle attività bancarie negli Stati Uniti. Il primo riguarda le banche commerciali, deputate alla raccolta di risparmio. Le normative confermano le restrizioni pre-esistenti riguardo alle attività rischiose che possono intraprendere; si assicura loro la disponibilità di credito immediato, in caso di corsa agli sportelli, attraverso il sistema di *discount window* della Fed; vengono garantiti i depositi dei risparmiatori fino a un massimo di centomila dollari attraverso l'ente federale FDIC. L'obiettivo del sistema di

146 Si veda ad esempio il caso della fusione tra Citicorp e Travelers Group, ammessa temporaneamente al consolidamento già dal 1998 in attesa di una riforma organica del settore in: Ivry, B. (2009) “Reed Says ‘I’m Sorry’ for Role in Creating Citigroup”, *Bloomberg news*, 6th November '09, <<http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=albMYVE7D578>>.

147 Alcuni paesi, tra cui la Germania, ricevettero una deroga di ulteriori tre anni per il recepimento della direttiva nel proprio ordinamento.

regolamentazione è minimizzare i rischi per il pubblico, anche a costo di minori guadagni conseguibili dall'industria finanziaria.

Il secondo profilo riguarda le banche di investimento: non possono raccogliere risparmio ma sono sottoposte a un sistema di regolamentazione lieve che consente maggiori introiti per l'industria finanziaria, anche a costo di maggiori rischi per il pubblico. Esponiamo tale sistema normativo nel paragrafo seguente.

Il terzo profilo di regolamentazione riguarda gli *hedge funds* e i nuovi enti di investimento nati sulla scia della innovazione finanziaria dagli anni '80 e '90. Come raccomandato dalla Fed, dalla SEC e dal Tesoro statunitense¹⁴⁸, esse vengono lasciate prive di regolamentazione specifica. Sono previsti requisiti minimi di registrazione e trasparenza, mentre per l'esercizio delle attività finanziarie risultano consistenti esenzioni, talvolta complete, dalle principali normative bancarie e finanziarie. L'obiettivo del sistema normativo previsto per tali enti è massimizzare le opportunità di guadagno dell'industria.

Il sistema di regolamentazione sopra descritto presenta un arbitraggio prudenziale (in Inglese: *regulatory arbitrage*) in quanto rende possibile lo svolgimento di una attività regolamentata (come, ad esempio, quella bancaria) in maniera indiretta mediante l'utilizzo di una forma societaria non regolamentata. Questo si accompagna alla forte crescita nel numero di *hedge funds* e nella quantità di capitale da loro gestito. Inoltre si sviluppano mercati non regolamentati, detti *over the*

148 Summers, L.H., Greenspan, A., Levitt, A., Rainer, W.J. (1999) *Over-the-Counter...* op. cit.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

counter (OTC), nei quali risulta possibile scambiare titoli e stipulare contratti attraverso l'accordo bilaterale diretto tra le controparti. La crescente facilità di accordi bilaterali favorisce la diffusione di contratti personalizzati che, a seconda delle particolari esigenze dei contraenti, diventano sempre più sofisticati. In particolare, conosce un grande sviluppo la creazione di nuove tipologie di contratti derivati, il cui prezzo dipende dal valore di mercato di un altro bene detto sottostante (ad esempio: azioni, indici, valute, tassi di interesse, beni collaterali). È il boom della cosiddetta ingegneria finanziaria, dove i limiti alla creazione di nuovi e più complessi strumenti finanziari risiedono principalmente nella fantasia dei creatori.

5.3 Il regime di *self-regulation* delle banche di investimento

Tra i maggiori beneficiari della deregolamentazione finanziaria, avvenuta negli Stati Uniti nell'era Greenspan, vi sono le maggiori banche di investimento di Wall Street del tempo, ovvero Goldman Sachs, Morgan Stanley, Merrill Lynch, Lehman Brothers e Bear Stearns. Il compromesso politico per l'approvazione del Gramm–Leach–Bliley Act prevede che le banche di investimento siano soggette al controllo della Securities and Exchange Commission (SEC) ma solo ed esclusivamente per le proprie attività di negoziazione di titoli e per quelle di brokeraggio. Al di fuori di tali attività, le holding di controllo delle banche di investimento continuano a risultare libere da particolari

controlli, secondo il principio che, per una efficiente allocazione dei capitali nel mercato, l'attività di investimento deve essere lasciata quanto più possibile libera da vincoli.

I differenti gradi di supervisione previsti da Stati Uniti ed Europa, creano un vantaggio competitivo per le banche di investimento statunitensi ed evidenziano l'esigenza da parte europea di maggiore armonizzazione tra le attività di controllo. Nel 2002, l'Unione Europea minaccia di imporre l'applicazione delle proprie norme alle sussidiarie europee delle banche di investimento statunitensi. Lascia però aperto uno spiraglio: gli istituti statunitensi sarebbero stati esentati dalle normative europee qualora fossero stati soggetti ad analoga supervisione da parte del loro ente nazionale di controllo. Secondo la soluzione proposta dalle autorità europee, sarebbe dunque la SEC a dover provvedere all'organizzazione di un sistema di supervisione delle holding di controllo delle banche di investimento.

Nel 2004, sotto la spinta delle banche di investimento che temono normative più stringenti da parte dell'Unione Europea, la SEC vara un programma di supervisione volontaria (in Inglese: *voluntary self-regulation*) in cui le banche di investimento accettano di sottoporre le proprie holding di controllo alla supervisione dell'agenzia. Il programma è volontario in quanto, come già detto, la SEC possiede a termini di legge l'autorità di controllo solo sulle loro attività di negoziazione e brokeraggio. Ne consegue che, in qualsiasi momento, tali banche sono libere di revocare il proprio assenso alla supervisione

volontaria.

Le banche di investimento ottengono, in cambio dell'assoggettamento alla supervisione volontaria delle proprie holding di controllo, un rilassamento dei requisiti patrimoniali previsti dalla SEC per la stima del *net capital rule*.¹⁴⁹ La novità consente a tali banche di aumentare il proprio *leverage*, azione che porterà a conseguenze disastrose per alcune di esse durante la crisi.

La SEC è una agenzia di controllo relativamente piccola se comparata alla vasta industria dei servizi finanziari. La disponibilità limitata di risorse è dunque un fattore importante nella scelta di esercitare la propria supervisione attraverso la *self-regulation* degli operatori finanziari (borse valori, fondi di investimento, società di brokeraggio, società quotate). Nel caso delle banche di investimento, tale scelta si rivelerà però fallimentare. Il settore sarà infatti travolto dalla crisi dei mutui *subprime* del 2007-2009, che vedrà i fallimenti di Bear Sterns e Lehman Brothers, l'acquisizione di Merrill Lynch da parte di Bank of America, e l'abbandono dello status di *investment bank* da parte di Goldman Sachs e Morgan Stanley in favore del più tradizionale status di *bank holding company*. Nel settembre 2008, la SEC abolirà il programma di supervisione volontaria adottato quattro anni prima, ammettendone il sostanziale fallimento.¹⁵⁰

149 United States General Accounting Office (2004) *Securities and Exchange Commission: Alternative Net Capital Requirements for Broker-Dealers That Are Part of Consolidated Supervised Entities*. 25th June 2004, <<http://www.gao.gov/decisions/majrule/d04896r.pdf>>.

150 U.S. Securities and Exchange Commission, 2008, *Chairman Cox Announces End of Consolidated Supervised Entities Program*. Press Release 2008-230, Washington, D.C., 26th September 2008.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

5.4 Dalla bolla del mercato NASDAQ a quella del settore immobiliare

Sotto gli auspici di un mercato finanziario più libero e aperto, avviene nella seconda metà degli anni '90 la rivoluzione dell'*Information Technology*. Gli Stati Uniti ne beneficiano attraverso un generalizzato aumento della ricchezza, l'azzeramento della disoccupazione ai limiti fisiologici e una inflazione sotto controllo. L'ampia disponibilità di capitali di ventura, veicolati in maniera crescente da *hedge funds* e *private equity*, stimolano la crescita di nuove aziende *dot-com*. L'afflusso di capitali negli Stati Uniti è sostenuto anche dal reinvestimento delle ingenti quantità di dollari incamerati da paesi esportatori quali Cina e paesi arabi. Le disponibilità di capitali e l'estremo ottimismo riguardo le potenzialità di profitto delle aziende del settore, unite a una crescente fiducia nelle potenzialità di crescita dell'economia generale, spingono gli investimenti ben oltre le effettive capacità di generare reddito.

Il clima di fiducia viene rotto dallo scoppio della bolla del mercato NASDAQ, formatasi tra il 1998 e il 2000, cui fanno seguito gli attacchi terroristici dell'11 settembre 2001. La recessione che ne deriva viene affrontata da Greenspan con una politica monetaria espansiva: tra il 2000 e il 2004, il tasso ufficiale di sconto si attesta su livelli eccezionalmente bassi, toccando l'1% contro l'oltre 6% di inizio 2000. In maniera congiunta, l'amministrazione di George W. Bush vara un'ampia politica di stimolo economico che si concretizza in tagli alle imposte per i ceti elevati, in un elevato *deficit spending* e nell'obiettivo dichiarato di

trasformare gli Stati Uniti nella cosiddetta *ownership society*. Uno dei principali punti di tale politica è stimolare gli inquilini ad acquisire una casa di proprietà. Enti privati di riassicurazione dei mutui quali Fannie Mae e Freddie Mac¹⁵¹, con la garanzia implicita di supporto governativo (*Government Sponsored Entities*), garantiscono ai prestatori di denaro il rimborso dei mutui, anche di quelli concessi a individui a reddito basso o instabile (mutui *subprime*); tale fenomeno è accentuato dalle forti pressioni politiche esistenti in tal senso.

Gli effetti di tali politiche della Fed e dell'amministrazione Bush si ripercuotono sui prezzi delle case, che in stati come la California e la Florida arrivano a raddoppiare tra il 1998 e il 2005.¹⁵² Secondo influenti economisti, tra cui il premio Nobel per l'Economia del 2008, Paul Krugman¹⁵³, si può cinicamente affermare che Greenspan abbia trovato una via d'uscita alla bolla del mercato NASDAQ attraverso la creazione di una nuova bolla, ancora più pericolosa: quella del mercato immobiliare.

5.5 La nascita del sistema bancario ombra

Il mix di tassi bassi e *deregulation* del settore finanziario genera significative opportunità di guadagno e porta alla nascita del cosiddetto sistema bancario ombra che, tra il 2000 e i primi del 2007, conosce uno

151 Tali soprannomi derivano dagli acronimi di Federal National Mortgage Association (FNMA) e Federal Home Loan Mortgage Corporation (FHLMC).

152 Shiller, R.J. (2005) *Irrational Exuberance*, Princeton University Press.

153 Krugman, P. (2008) *The Return of Depression...* op. cit., p. 152.

sviluppo tale da affiancare per dimensioni quello tradizionale.¹⁵⁴ Due fattori ne favoriscono lo sviluppo. Innanzitutto, la disponibilità di bassi tassi di interesse fa sì che un numero maggiore di persone possa permettersi di prendere soldi in prestito (perché il denaro “costa poco”) per finanziare l'acquisto di una casa. In secondo luogo, la differenza di regolamentazione tra il settore bancario tradizionale e altri enti finanziari crea un arbitraggio prudenziale che favorisce l'esercizio di attività parabancarie mediante forme societarie atipiche. In tale regime di regolamentazione, le banche (soprattutto quelle di investimento, prive di un radicamento territoriale) cominciano a esercitare l'attività di raccolta di risparmio e concessione di mutui in maniera formalmente indiretta, attraverso le pratiche dette di cartolarizzazione.

La pratica di cartolarizzazione dei mutui costituisce la principale fonte di reddito del sistema finanziario ombra. Viene effettuata nel seguente modo. Gli istituti finanziari costituiscono nuove entità indipendenti che non incorrono nelle limitazioni previste dalle leggi bancarie; tali enti sono detti società veicolo o, in Inglese, *Special Purpose Vehicle* (SPV). Provvedono quindi a finanziare l'acquisto della casa da parte dei mutuatari, anche di qualità creditizia bassa (*subprime*), intestando alla società veicolo i relativi contratti di mutuo. La casa viene posta a garanzia del pagamento del mutuo; inoltre, viene stipulata una

154 Geithner, T.F. (2008) *Reducing Systemic Risk in a Dynamic Financial System*, Remarks at The Economic Club of New York, New York City, 9th June 2008, <<http://www.ny.frb.org/newsevents/speeches/2008/tfg080609.html>>.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

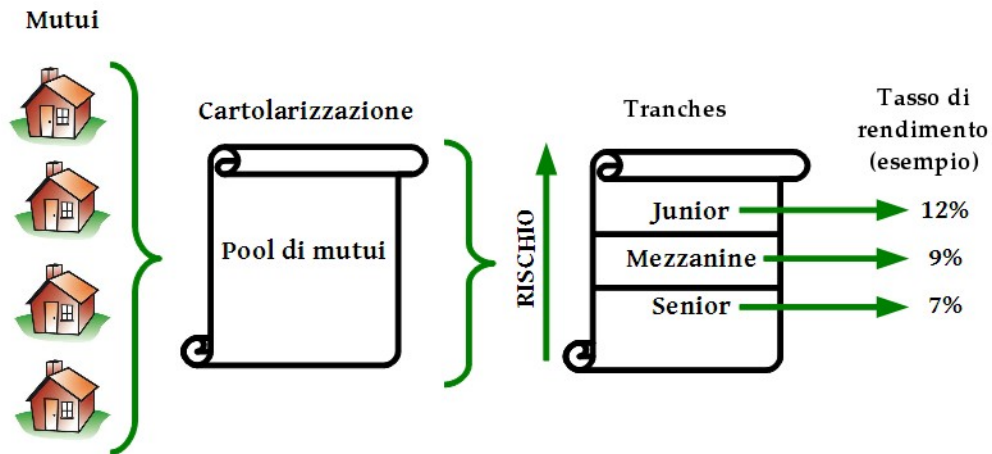
polizza di assicurazione sul rimborso del mutuo¹⁵⁵. La società veicolo provvede quindi a emettere titoli di debito, chiamati *Collateralized Debt Obligations* (CDO) e appartenenti alla categoria delle *Mortgage Backed Securities* (MBS); tali titoli sono detti cartolarizzati, in quanto garantiti dalla “carta” rappresentativa dei flussi di rimborso dei mutui. I titoli vengono suddivisi in tranches (*senior*, *mezzanine* e *junior*) con una priorità decrescente nei diritti di rivalsa sul patrimonio della società veicolo. Le tranches vengono sottoposte al giudizio delle agenzie di *rating*, quindi vendute nei mercati finanziari.

Nel periodo precedente allo scoppio della crisi, il giudizio delle agenzie di *rating* accordato alle tranches *senior* è generalmente il massimo possibile (superiore, addirittura, a quello dei titoli di stato italiani). Gli eccellenti giudizi di *rating* vengono emessi sulla base di due considerazioni che si riveleranno poi profondamente errate. La prima è che la probabilità di default dei vari mutuatari presenti una bassa correlazione: qualcuno di essi non pagherà, ma in un pool sufficientemente ampio tale valore si attesterà sul valore medio storico, sufficiente a garantire il rimborso della tranche *senior*. La seconda è che il *recovery rate*, cioè il valore di recupero del credito in caso di insolvenza, si mantenga elevato per via dei continui aumenti nel valore di mercato delle case poste a garanzia del debito.

155 Tra i principali enti di riassicurazione sui mutui ricordiamo i già citati Fannie Mae e Freddie Mac.

Alessandro Fiori, *La crisi dei mutui subprime e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio*. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Funzionamento del meccanismo di cartolarizzazione



5.6 Il modello *originate-to-distribute*

Una volta creati i titoli cartolarizzati, questi vengono venduti agli investitori di tutto il mondo. Tale modello di business viene chiamato *originate-to-distribute* in quanto è basato sulla creazione di titoli e sulla loro vendita agli investitori. In questo sta la maggiore differenza tra il sistema bancario ombra e quello tradizionale: nel primo i guadagni sono le commissioni, che vengono incamerate dagli operatori finanziari indipendentemente dal futuro rimborso dei mutui cartolarizzati. Questo dà origine a un azzardo morale dovuto al fatto che, venduti i titoli cartolarizzati, gli intermediari finanziari possono disinteressarsi della effettiva solvibilità del debitore. Al contrario, una banca tradizionale controlla tutti i passaggi della catena del valore legata al mutuo in quanto ha un diretto interesse a che il debitore possa rendere indietro il denaro.

Con la collocazione dei titoli cartolarizzati sui mercati internazionali, gli istituti finanziari proprietari della società veicolo ottengono i seguenti risultati:

1) rientrano immediatamente dall'investimento creditizio, recuperando i soldi prestati senza dover attendere il rimborso dei mutui;

2) acquisiscono un profitto legato¹⁵⁶ allo spread tra i tassi di interesse attivi sui mutui e quelli passivi sui titoli;

3) grazie alla liquidità riacquisita, possono nuovamente cominciare a offrire altri mutui sul mercato, da cartolarizzare e rivendere.

I titoli cominciano così a circolare in tutto il mondo. A stimolarne l'acquisto è l'erronea consapevolezza della loro bassa rischiosità. Tra i vari acquirenti vi sono enti pubblici e fondi pensione, cui è istituzionalmente precluso l'acquisto di titoli eccessivamente rischiosi, il cui rating sia minore all'*investment grade*.

Il modello *originate-to-distribute* su cui è basato il sistema bancario ombra è imprescindibilmente legato a comportamenti opportunistici tipici dell'azzardo morale e del problema di agenzia. Questi sono favoriti dalla presenza di asimmetrie informative tra chi emette i titoli derivati (ad esempio, ABS e CDO¹⁵⁷) e gli investitori che li acquistano, accollandosi il rischio di credito. Il guadagno dell'emittente viene dunque massimizzato quanto più riesce a rifilare titoli di scarsa qualità (*lemons*) a investitori che non sono in grado di valutarli correttamente.

156 Il legame è indiretto, ovvero si riflette nel valore di mercato del titolo cartolarizzato.

157 Gli acronimi stanno per *Asset Backed Securities* e *Collateralized Debt Obligations*.

5.7 Asimmetrie informative del sistema bancario ombra

Lo sviluppo dell'ingegneria finanziaria e il boom del mercato dei derivati a partire dalla fine degli anni '90, creano nuove opportunità per il trasferimento del rischio. Senza un mercato di trasferimento del rischio di credito, una banca potrebbe essere riluttante a concedere i mutui a debitori a rischio di insolvenza perché se i mutui non venissero rimborsati si genererebbe una perdita per la banca. Al contrario, con lo sviluppo di tale mercato aumenta per le banche la capacità di assumere rischi e dunque si rendono più flessibili le condizioni di prestito. L'esistenza di un efficiente mercato del rischio presenta ricadute positive per i debitori rischiosi, che possono essere più facilmente ammessi al prestito.

Tra i primi anni '90 e lo scoppio della crisi nel 2007, il mercato di trasferimento del rischio di credito negli Stati Uniti conosce uno sviluppo crescente, che diventa impetuoso a partire dal 2003, quando il mercato viene aperto all'intera platea di investitori. Questo avviene grazie allo sviluppo dei mercati secondari e terziari per i titoli derivati ABS, CDO e CDS¹⁵⁸ e alla nascita del sistema bancario ombra, di cui si è detto in precedenza. Ne consegue una espansione creditizia, di cui beneficiano anche i soggetti a reddito basso o instabile (prestiti *subprime*), che viene favorita dalle contemporanee politiche monetarie e fiscali espansionistiche di Greenspan e dell'amministrazione di George W. Bush.

158 Gli acronimi stanno per *Asset Backed Securities*, *Collateralized Debt Obligations* e *Credit Default Swap*.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

L'espansione creditizia dovuta a una più oculata ed efficiente gestione del rischio porta generalmente a un incremento nel benessere collettivo dell'economia perché permette ai mutuatari di finanziare progetti profittevoli che altrimenti non sarebbero stati effettuati. Tuttavia, nel caso dell'espansione creditizia veicolata dal sistema bancario ombra, l'incremento di attività economica avviene al prezzo di: un sovra-indebitamento dell'economia statunitense, un peggioramento della qualità media dei mutui tra il 2001 e il 2007¹⁵⁹, un incremento del rischio sistemico e della potenziale instabilità dei mercati. Questi effetti indesiderati sono favoriti dalla presenza di asimmetrie informative tra le banche che concedono il mutuo e gli investitori¹⁶⁰ disposti ad assumersi il rischio di insolvenza, che ostacola il regolare funzionamento del mercato di trasferimento del rischio di credito.

Se la qualità creditizia del mutuo fosse una informazione pubblica e conoscibile da tutti gli operatori di mercato, la procedura di trasferimento del rischio di credito funzionerebbe senza intoppi. Gli investitori sarebbero infatti in grado di distinguere un mutuo di scarsa qualità da uno più sicuro, e quindi di valutare correttamente il prezzo del rischio di ciascun titolo. A quel punto, la banca avrebbe minore interesse a concedere mutui non remunerativi in quanto (per trasferire il rischio agli investitori) dovrebbe rivenderli a un prezzo minore.

Al contrario, se i mutui fossero concessi sulla base di informazione privata posseduta dalla banca, questa potrebbe sfruttare l'asimmetria

159 Demyanyk, Y., Van Hemert, O. (2009) "Understanding the Subprime... op. cit.

160 Di seguito, impiegheremo il termine generico "investitori" per riferirci sia agli investitori in senso stretto che agli assicuratori che operano sul mercato per offrire protezione dal rischio di credito.

informativa a suo favore per concedere mutui non remunerativi e trasferire il rischio di credito agli ignari investitori. Questi ultimi, non potendo conoscere in anticipo la qualità del credito, chiederanno un maggiore premio per il rischio per tutelarsi da potenziali comportamenti opportunistici delle banche e dunque dall'involontario acquisto di titoli più rischiosi (*lemons*). Secondo i principali modelli economici di mercato con asimmetria informativa, sia generali¹⁶¹ che specifici per il rischio di credito¹⁶², le conseguenze dovrebbero essere un peggioramento della qualità creditizia e una contrazione del credito concesso.

Come si è detto sopra, tra il 2001 e il 2007 la qualità media dei mutui concessi negli Stati Uniti effettivamente peggiora¹⁶³. Tuttavia questo non è seguito da una contrazione creditizia ma al contrario da una espansione dei mutui ipotecari, garantiti cioè dall'immobile sottostante. Gli operatori del sistema bancario ombra approfittano infatti della valutazione del rischio di credito eccessivamente ottimistica da parte di investitori e agenzie di rating, anche grazie all'opacità del sistema contabile, per alimentare il ciclo di produzione dei titoli cartolarizzati senza curarsi della effettiva qualità del credito concesso. L'asimmetria informativa genera dunque azzardo morale, che abbiamo descritto in precedenza e tratteremo ancora in seguito¹⁶⁴. Le nuove opportunità di accesso al credito, offerte dal mercato di

161 Akerlof, G. A. (1970) "The Market for Lemons... op. cit.

162 Hakenes, H., Schnabel, I. (2010) "Credit risk transfer and bank competition" *Journal of Financial Intermediation*, 19, pp. 308-332.

163 Demyanyk, Y., Van Hemert, O. (2009) "Understanding the Subprime... op. cit.

164 In tema di asimmetria informativa e azzardo morale, si vedano anche i capitoli 2.1, 2.3 e 5.8.

trasferimento del rischio, vengono quindi estese anche ai cattivi pagatori (ovvero ai mutuatari non profittevoli) senza che gli investitori se ne rendano conto o se ne curino, anche per via delle garanzie ipotecarie legate ai mutui. L'estensione del credito ipotecario e la crescita dei prezzi degli immobili finiscono quindi per auto-alimentarsi, creando una doppia bolla creditizia e immobiliare.

5.8 Azzardo morale, conflitti di interesse e il problema di agenzia

Il sistema bancario ombra presenta per il management dei forti incentivi a perseguire comportamenti opportunistici, che possiamo ricondurre a due fenomeni: azzardo morale (in Inglese: *moral hazard*) e comportamento del gregge (in Inglese: *herd behaviour*).

Un esempio di azzardo morale che ha contribuito alla bolla speculativa, è dato dal sistema di bonus degli istituti finanziari. Quando questo premia i manager per risultati a breve termine, li incentiva a investire in progetti che presentano una elevata probabilità di ottenere profitti elevati e costanti nel tempo, anche a costo di una piccola probabilità di andare in rovina. La distribuzione dei rendimenti di tale strategia è detta distribuzione di Taleb¹⁶⁵ e il suo rischio è noto come *tail risk*.

Il rischio di rovina per la singola istituzione si trasforma in rischio sistemico di catastrofe per l'intero sistema finanziario, qualora la

165 Si veda anche: Taleb, N.N. (2001) *Fooled by Randomness: The Hidden Role of Chance in the Markets and in Life*. Texere, New York.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

strategia di investimento basata sulla distribuzione di Taleb sia seguita da un numero sufficiente di operatori. Risulta infatti conveniente per un manager seguire il comportamento degli altri (*herd behaviour*) in quanto lo assicura che non farà peggio dei colleghi; dunque si potrà più facilmente discolpare da responsabilità riguardo alle eventuali perdite (*blame shifting*).

Nelle fasi di crescita dei prezzi delle attività i due comportamenti opportunistici (assunzione di *tail risk* e *herd behaviour*) sono complementari in quanto la probabilità che la bolla si sgonfi all'improvviso è bassa. Inoltre, risultano ancora più convenienti in presenza di bassi tassi di interesse, in quanto è possibile finanziare una strategia basata su una distribuzione di Taleb prendendo a prestito denaro e ripagandolo per un certo tempo con i profitti (in maniera parzialmente simile a uno schema di Ponzi).

I comportamenti sopra descritti rientrano nel cosiddetto problema di agenzia, oggetto di un'ampia letteratura economica¹⁶⁶. Questo consiste nel conflitto di interesse esistente tra chi detiene la proprietà e chi detiene invece la gestione dell'impresa. Gli azionisti detengono la proprietà e, sopportando il rischio di fallimento, hanno interesse a massimizzare i guadagni dell'impresa nel lungo periodo. Gli amministratori detengono la gestione e, grazie al sistema di bonus, hanno interesse a massimizzare i guadagni nel breve periodo anche

166 Un paper fondamentale a questo proposito è: Fama, E., Jensen M.C. (1983) "Separation of ownership and control", *Journal of Law and Economics*, Vol. 26, pp. 301-325.
Per una review sul tema: Eisenhardt, K.M. (1989) Agency Theory: An Assessment and Review. *The Academy of Management Review*, Vol. 14, No. 1, pp. 57-74.

accollandosi, se necessario, una piccola quantità di rischio di fallimento dell'impresa.

5.9 Il fenomeno del *predatory lending*

Le possibilità di guadagno offerte dal meccanismo di cartolarizzazione spingono ben presto altri operatori, detti *loan originators*, a entrare nel mercato. Tali operatori provvedono a cercare nuovi mutuatari, al fine di rivendere i contratti di mutuo agli istituti finanziari che svolgono attività di cartolarizzazione. L'assenza di professionalità bancaria e la mancanza di incentivi in tal senso, porta i *loan originators* a valutare con scarso interesse la qualità creditizia dei mutuatari e ad assumere pratiche operative al limite della legalità note come *predatory lending*. Un caso esemplificativo, citato dall'Herald Tribune¹⁶⁷, avviene in California dove un raccoglitore di fragole messicano con un reddito annuo di 14.000 dollari e una scarsa conoscenza dell'Inglese, ottiene da una finanziaria legata a Washington Mutual un mutuo da 720.000 dollari per l'acquisto di una casa. Tale mutuo farà poi parte di un pool di mutui cartolarizzati e rivenduti in tutto il mondo a investitori ignari del rischio.

L'esempio mostra come la presenza di separazione tra chi concede il mutuo (*loan originator*) e chi invece si accollerà il rischio di controparte (gli investitori che comprano i titoli cartolarizzati) generi nel primo un

¹⁶⁷ Herald Tribune, 27 novembre 2008. Citato da: Hassan, F., Morelli, S., Lucchino, P. (2009) *La Crisi del Sistema*, (ultima visualizzazione 25/11/2010), <http://www.quattrogatti.info/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=68>.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

conflitto di interesse; gli conviene infatti inserire nella cartolarizzazione mutui di scarsa qualità nel caso in cui gli investitori non siano in grado di riconoscerli.¹⁶⁸

Le pratiche di *predatory lending* si verificano tipicamente su mutui garantiti da qualche forma di collaterale e in particolare da immobili (*Mortgage Backed Securities*). Se il mutuatario diventa insolvente, il creditore può prendere possesso della proprietà o pignorarla. In una fase di crescita del mercato immobiliare, è dunque possibile ottenere un guadagno aggiuntivo approfittando delle insolvenze dei mutuatari per ottenere proprietà immobiliari a basso costo e speculare sui rialzi dei prezzi delle proprietà.

5.10 Il ruolo del *fair value* nel portare i debiti fuori bilancio

Il sistema bancario ombra è caratterizzato dalla opacità nei bilanci, grazie al sapiente utilizzo in tal senso della disciplina contabile relativa alla valutazione dei titoli. Tra il 2004 e il 2006, gli organismi responsabili dell'emanazione dei principi contabili internazionali (IASB) e statunitensi (FASB) estendono, attraverso una riforma dei principi contabili IAS 39 e FAS 157, gli ambiti di applicazione del principio del valore equo (in Inglese, *fair value*), in virtù del quale le attività finanziarie possono essere esposte in bilancio al loro presumibile valore di mercato (valutazione *mark-to-market*). Grazie a tale principio è

¹⁶⁸ Tale fenomeno è noto nella teoria economica come problema di agenzia, costituisce una forma di azzardo morale e viene generato dalla presenza di asimmetrie informative. Per un approfondimento su tali temi, si vedano i capitoli 2.3, 5.7 e 5.8.

possibile rendere più opachi i bilanci degli enti finanziari attraverso la cartolarizzazione. Infatti, le banche che la effettuano non risultano più, sul piano formale, proprietarie del patrimonio trasferito in capo alla società veicolo, ma bensì delle quote societarie rappresentative di quest'ultima. Grazie alla contabilizzazione al valore equo, poiché non vi è l'obbligo di consolidare il bilancio della banca (società madre) con quello della società veicolo (società figlia), risulta possibile esporre nello stato patrimoniale della banca, tra le attività finanziarie, il solo valore di mercato delle quote societarie possedute. Il bilancio della banca risulta quindi ripulito dalle attività e passività patrimoniali incorporate nella società veicolo, che risultano esposte unicamente nel bilancio di quest'ultima.

Gli enti finanziari continuano comunque a essere responsabili dei debiti delle società veicolo possedute, pur non esponendoli a bilancio, in quanto prestano generalmente una garanzia di rimborso sui titoli cartolarizzati, per renderli più appetibili agli investitori. Il risultato è che il bilancio di una istituzione finanziaria che ha effettuato cartolarizzazioni, può non esporre più il suo indebitamento reale ma un valore fittizio minore. In tal modo, risulta possibile aggirare i limiti alle esposizioni creditizie ed esporre a bilancio un valore più elevato del rapporto tra mezzi propri e indebitamento (ossia esporre un *leverage* inferiore a quello reale).

5.11 Copula gaussiana ed errori di valutazione dei titoli

Un grave errore nella valutazione dei rischi sostenuti dagli acquirenti dei titoli cartolarizzati è la variazione nelle correlazioni tra i fallimenti, che è bassa in situazioni di mercato stabile ma aumenta improvvisamente nei periodi di recessione. Tale fenomeno risulta ampiamente conosciuto sul piano statistico e teorico¹⁶⁹ eppure viene colpevolmente ignorato dagli investitori che detengono i titoli cartolarizzati e dalle agenzie di rating che ne valutano la qualità creditizia. Alla base dell'errore, vi è il sovrautilizzo da parte dell'industria finanziaria di un unico modello matematico, la cosiddetta copula gaussiana¹⁷⁰, per la valutazione delle probabilità di default di un pool di debitori. Tale modello viene proposto nel 2001 dall'analista finanziario David X. Li¹⁷¹ e si basa sull'ipotesi che i default dei singoli debitori all'interno del pool siano eventi indipendenti. Questa ipotesi è irrealistica in momenti di crisi e al tempo stesso esagera la valutazione del titolo nei momenti di stabilità o crescita economica.

La complessità dei prodotti cartolarizzati fa sì che le autorità di controllo e le agenzie di rating non ne comprendano pienamente la rischiosità e tendano a prestare fiducia ai metodi di valutazione del rischio (quali la copula gaussiana) prodotti dalla stessa industria

169 Das, S.R., Duffie, D., Kapadia, N., Saita, L. (2007) "Common failings: How corporate defaults are correlated" *Journal of Finance*, Vol. 62, pp. 93-117.

Das, S.R., Freed, L., Geng, G., Kapadia, N. (2006) "Correlated default risk", *Journal of Fixed Income*, Vol. 16, No. 2, pp. 7-32.

170 Si veda anche: Salmon, F. (2009) "Recipe for Disaster: The Formula That Killed Wall Street", *Wired Magazine*, 23rd February 2009, <http://www.wired.com/techbiz/it/magazine/17-03/wp_quant?currentPage=all>.

171 Li, D.X. (2000), "On Default Correlation: A Copula Function Approach", *Journal of Fixed Income*, Vol. 9, pp. 43-54.

finanziaria che dovrebbero valutare.¹⁷² Si possono così spiegare i giudizi ottimistici accordati dalle agenzie di rating ai titoli cartolarizzati e rivelatisi improvvisamente fallaci al momento dello scoppio della crisi. Nel contemporaneo utilizzo della funzione copula da parte di quasi tutti gli operatori di mercato, possiamo individuare profili di azzardo morale, comportamento del gregge e scaricamento della colpa.¹⁷³ Un ulteriore elemento di difficoltà nella valutazione dei titoli cartolarizzati dipende, oltre che da fattori prettamente matematici, anche dalla complessità nella interpretazione legale degli stessi, che rendono opaca l'individuazione delle responsabilità in caso di insolvenza del debitore sottostante.

Per mostrare come l'utilizzo di un unico modello di valutazione da parte degli speculatori favorisca la creazione di bolle finanziarie, proponiamo (e dimostriamo) in appendice un teorema matematico, basato sulla teoria delle martingale, che descrive le modalità di formazione delle bolle in un mercato che rispetta il Teorema fondamentale della Finanza.

5.12 Crisi di fiducia e crisi di liquidità

Possiamo dire che il sistema bancario tradizionale inizia a essere travolto dalla crisi dei mutui *subprime* quando dalla crisi di fiducia si passa a quella di liquidità.

172 In tal senso: Soros, G. (2008) *The New Paradigm for Financial Markets: The Credit Crisis of 2008 and What it Means*, Public Affairs, 2008.

173 Per un approfondimento, si vedano anche i capitoli 2.3, 5.7 e 5.8.

Le caratteristiche di una crisi di liquidità del sistema bancario sono quelle tipiche delle “profezie che si auto-avverano”. Se infatti i correntisti di una banca ritengono che questa possa diventare insolvente, accorreranno in massa a ritirare i propri depositi. La speranza di ciascuno è di battere sul tempo gli altri per riavere indietro i propri soldi prima che le casse della banca si prosciughino completamente. Tuttavia, gli impieghi liquidi rappresentano solo una parte dell'attivo patrimoniale della banca; il restante viene generalmente investito in impieghi immobilizzati nel medio-lungo termine, come i mutui a famiglie e imprese. Gli impieghi immobilizzati sono difficili da riconvertire velocemente in liquidità. Dunque, quand'anche la previsione della possibile insolvenza fosse basata su notizie infondate, l'azione coordinata dei risparmiatori la farebbe avverare.

Una cornice teorica che ben descrive le dinamiche delle crisi di fiducia e di liquidità, che può spiegare il collasso dei prezzi dei titoli cartolarizzati, è il modello di deflazione del debito proposto da Fisher nel 1933.¹⁷⁴ Una ulteriore spiegazione del meccanismo di prosciugamento della liquidità nei mercati può venire dal modello di *liquidity black hole* proposto da Morris e Shin nel 2004.¹⁷⁵

174 Fisher, I. (1933) “The debt-deflation theory... op. cit.

175 Per una cornice teorica, si veda: Morris, S., Shin, H.S. (2004) “Liquidity Black Holes... op. cit.

6. L'evoluzione della crisi

Sommario: 6.1 Scoppio della bolla immobiliare. 6.2 Dalla crisi di fiducia al credit crunch. 6.3 Il collasso dell'industria dei mutui subprime. 6.4 Contagio del sistema bancario tradizionale.

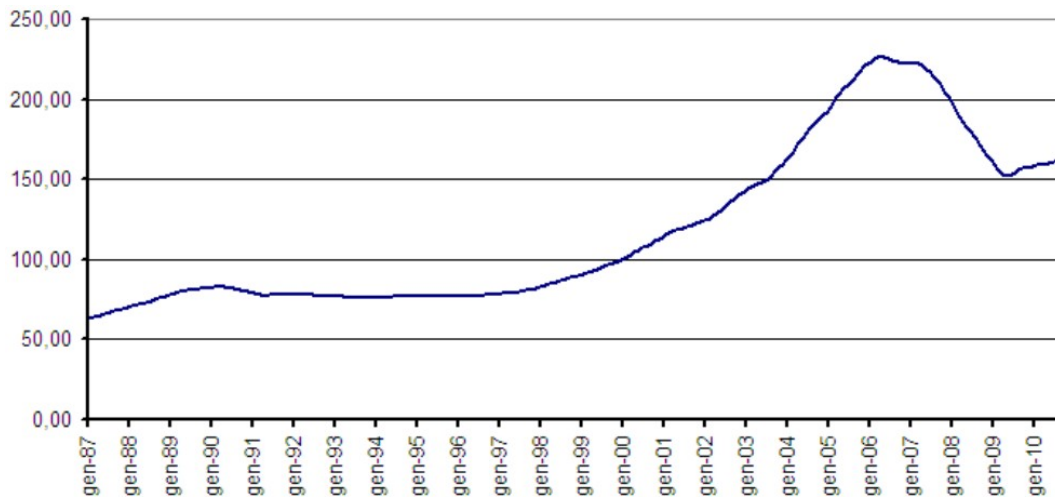
6.1 Scoppio della bolla immobiliare

Nonostante le segnalazioni dei fattori di rischio¹⁷⁶, la situazione dell'economia tra il 2005 e il 2006 sembra cautamente rassicurare. Il rialzo graduale al 5% dei tassi di interesse negli Stati Uniti non è inizialmente seguito da eventi traumatici. In tale periodo, la crescita nei prezzi del mercato immobiliare rallenta gradualmente. Tra il 2006 e la prima metà del 2007 i profitti delle banche toccano livelli record, così come i bonus dei banchieri.

Un principio di rallentamento nell'economia statunitense complica le cose. L'innalzamento dei tassi di interesse non è infatti una misura indolore: aumenta il servizio del debito e influisce sul numero di persone che non riescono a ripagare le rate del mutuo. Inoltre, nel 2007 i prezzi delle case iniziano a scendere creando un ulteriore rallentamento nell'economia. I prezzi più bassi portano infatti a una diminuzione delle nuove costruzioni e dunque a una diminuzione dell'occupazione; inoltre, deprimono i consumi dei proprietari di case, che vedono ridurre il proprio patrimonio disponibile e le aspettative di futuri apprezzamenti.

¹⁷⁶ Per le segnalazioni della pericolosità del sistema finanziario, si veda il capitolo 8.

Indice Case-Shiller dei prezzi delle case
Valore “composite” su patrimonio immobiliare USA
Fonte: Standard & Poor's



Con l'economia in sofferenza, per assorbire i contraccolpi dovuti all'aumento delle insolvenze è necessario un sistema finanziario solido e ben organizzato. Tuttavia negli Stati Uniti questo non è più presente, perché è stato sostituito dalla compresenza del sistema delle banche tradizionali e del fragile sistema bancario ombra.

Mentre una banca tradizionale ha interesse a negoziare con il mutuatario un piano di rientro in caso di temporanea illiquidità di quest'ultimo, ciò risulta scarsamente fattibile per i mutui cartolarizzati del sistema bancario ombra. Infatti, non vi è la struttura di personale per gestire tali transazioni; inoltre, quand'anche il *loan servicer*, cui è delegata la riscossione delle rate, fosse dotato di competenze per transigere sui pagamenti e gestire la ristrutturazione del debito, non ne

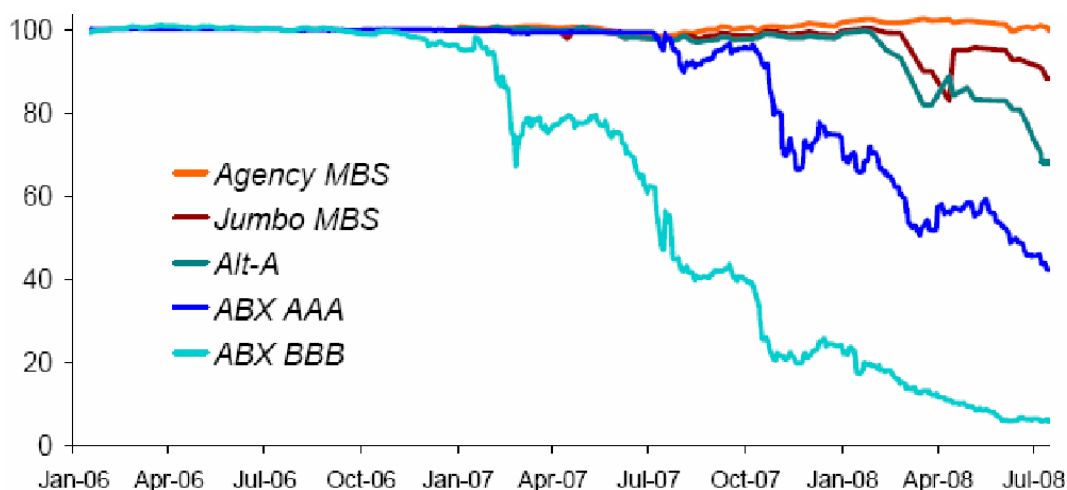
avrebbe quasi certamente la legittimità legale. Questo causa l'immediato pignoramento dell'immobile e un *recovery rate* più basso per il creditore, per via dei costi legali e del deprezzamento dell'immobile durante lo stato di abbandono. Inoltre, la messa in vendita in un breve arco di tempo di un numero consistente di immobili pignorati non fa che continuare a deprimere i prezzi del mercato.

La discesa del mercato immobiliare porta alla discesa delle quotazioni dei titoli legati ai mutui cartolarizzati, che inizia a creare sofferenze nel sistema bancario ombra. Ciò non deve sorprendere poiché tale sistema bancario deve la sua sopravvivenza alla capacità di rivendere i titoli il più rapidamente possibile, per rientrare in possesso della liquidità.

Corso dei titoli legati ai mutui statunitensi

Valori in dollari USA

Fonte: FMI Rapporto sulla stabilità finanziaria, ottobre 2008



Con lo scoppio della crisi e l'aumento delle insolvenze, i creditori chiedono ove possibile la liquidazione dei debiti (*margin call*). Per adempiere agli obblighi contrattuali, i debitori procedono a vendite massicce delle proprie attività, in particolare quelle più liquide come i titoli in portafoglio. Le vendite in contemporanea scatenano un crollo delle quotazioni nei mercati azionari. La crisi si ripercuote quindi sull'economia: aumentano i fallimenti mentre diminuiscono i profitti, la produzione, l'impiego occupazionale e il commercio. Avviene quindi una corsa alla liquidità (in Inglese: *flight-to-liquidity*), che genera una spinta deflazionistica e un incremento dei tassi di interesse reali.¹⁷⁷

Le perdite appaiono di dimensioni rilevanti e scatenano ondate di panico nei mercati finanziari di tutto il mondo. Oltre al sistema bancario ombra, vengono colpiti gli investitori che hanno acquistato i titoli cartolarizzati e gli intermediari finanziari che intendevano collocarli ma che sono stati preceduti dallo scoppio della crisi. Alle perdite, segue la perdita di fiducia nei mercati, ovvero il più veloce canale di contagio di una crisi finanziaria.

6.2 Dalla crisi di fiducia al *credit crunch*

Nell'agosto del 2007 si ha il primo impatto significativo della crisi nel generare una perdita di fiducia nei mercati. L'ampia circolazione di titoli tossici legati ai mutui *subprime*, il cui valore di mercato va

¹⁷⁷ Per una descrizione dei meccanismi di questo circolo vizioso, si veda anche il modello di deflazione del debito di Fisher, esposto al capitolo 3.3.

diminuendo progressivamente fino a quasi azzerarsi, fa sì che monti l'incertezza su chi li detenga e quanto vi abbia rimesso. Ogni ente può infatti avere una stima delle proprie perdite (per lo meno guardando ai valori di mercato dei titoli) ma non sa quante possano essere le perdite di una eventuale controparte fintanto che questa non pubblichi il bilancio periodico. Possono dunque passare svariati mesi prima che le perdite vengano rese pubbliche.

Il meccanismo di sfiducia, innescato dal crollo delle quotazioni dei titoli legati ai mutui *subprime*, ingenera in ogni banca un incentivo a trattenere per sé la liquidità e a evitare di concedere prestiti, nemmeno ad altre banche. La conseguenza è una restrizione del credito disponibile, detta anche *credit crunch*.

Se le banche stesse non mostrano fiducia sufficiente a prestare denaro l'una all'altra, a maggior ragione lo faranno i risparmiatori, che cominciano a dubitare della capacità delle banche di restituire i depositi. Iniziano così le prime corse agli sportelli, che colpiscono nell'agosto 2007 la statunitense Countrywide Financial e nel settembre 2007 la britannica Northern Rock; altre ne seguiranno¹⁷⁸ trasformando la crisi di fiducia in crisi di liquidità.

A questo punto le banche hanno un ulteriore incentivo a non prestarsi denaro a vicenda: facendolo, si troverebbero in una situazione

178 Tra le corse agli sportelli che colpiscono banche commerciali ricordiamo nel luglio 2008 la statunitense IndyMac, nel settembre 2008 la statunitense Washington Mutual, e nell'ottobre l'islandese (con forte presenza nel Regno Unito) Landsbanki. Ricordiamo inoltre la corsa agli sportelli che colpisce nel marzo 2008 la banca d'investimento Bear Stearns, portandola alla bancarotta; in tal caso non viene effettuata da correntisti ma dai possessori di obbligazioni a breve termine emesse dalla banca, di cui chiedono il rimborso.

di esposizione qualora i risparmiatori iniziassero a richiedere indietro i propri soldi. In condizioni normali, le banche possono prendere soldi in prestito dal mercato interbancario o sui mercati finanziari. Se però tra le banche e nel mercato dei capitali vi è una crisi di fiducia, le banche sono costrette per recuperare liquidità a vendere i loro *assets* (mobiliari e immobiliari) e a negare il credito a famiglie e imprese. Questo crea ulteriori contraccolpi nell'economia reale, con il crollo delle quotazioni delle borse valori e un ulteriore deprezzamento nel mercato immobiliare, che fa ulteriormente lievitare le perdite delle banche.

Un forte apporto nel drenare la liquidità dei mercati viene dal mercato dei titoli derivati noti come *Credit Default Swap* (CDS). Di fatto, un titolo CDS costituisce per il possessore una polizza di assicurazione contro l'insolvenza di un proprio debitore; l'emittente del titolo, in cambio di una commissione, si sostituirà al debitore nel rimborso del debito, qualora questi divenga insolvente. Con l'aumento dei fallimenti, si fanno sempre più pressanti le richieste di pagamento agli emittenti dei titoli CDS, che per fare cassa vendono le proprie attività e spingono ulteriormente giù i mercati. Tra gli enti travolti dalle *margin calls* sui titoli CDS, vi è la principale compagnia assicurativa statunitense, American International Group, che beneficerà di ripetuti interventi di salvataggio da parte della Federal Reserve e del Tesoro statunitense tra settembre 2008 e maggio 2009.

Un'ulteriore spinta alla evaporazione di liquidità è il principio

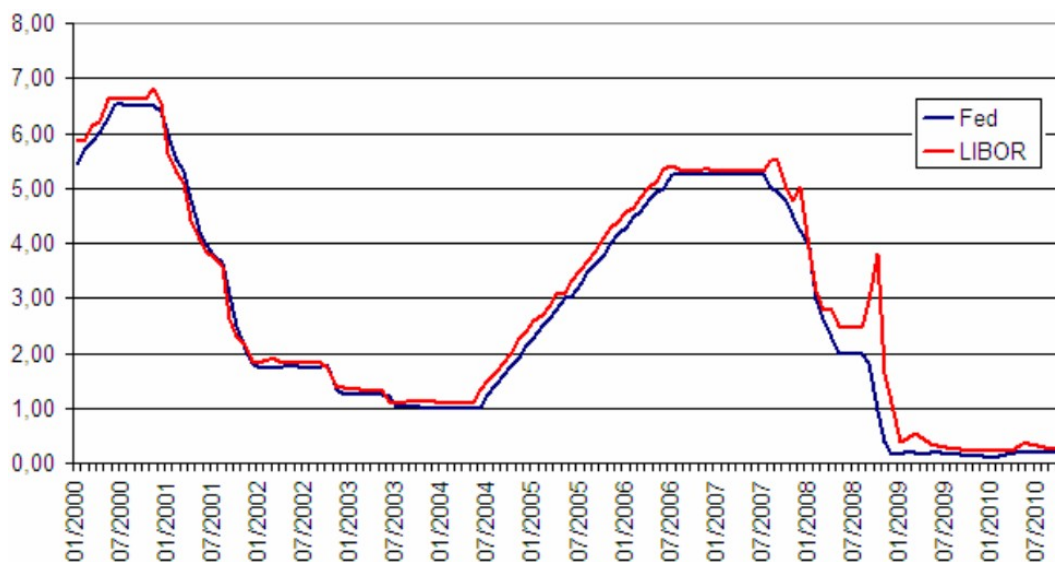
contabile del *fair value*¹⁷⁹, che prevede l'esposizione a bilancio dei titoli al loro valore di mercato. Tale norma è pro-ciclica ossia tende a esagerare gli effetti del ciclo economico sui redditi esposti a bilancio. Con il crollo delle quotazioni, vengono contabilizzate le perdite date delle variazioni nominali del prezzo corrente dei titoli. Tali perdite non sarebbero state esposte a bilancio in presenza di criteri contabili alternativi basati sul costo storico.

Un indicatore dello stato di *credit crunch* è rappresentato dallo spread tra il tasso LIBOR (cioè il tasso di interesse dei prestiti interbancari) e il tasso ufficiale di sconto della Federal Reserve. Come si può notare dal grafico seguente, la tensione nei mercati finanziari si manifesta nell'agosto 2007 e raggiunge l'apice nel settembre 2008, in coincidenza coi fallimenti di Lehman Brothers e Washington Mutual. In questo relativamente breve arco di tempo, cadono giù progressivamente come caselle di domino centinaia di banche minori statunitensi e alcuni dei principali colossi mondiali della finanza, negli Stati Uniti e in Europa. La crisi del credito si protrae fino alle massicce iniezioni di liquidità da parte della Fed e del governo statunitense degli inizi del 2009, che riporteranno stabilmente su livelli bassi lo spread tra il tasso LIBOR e quello ufficiale.

179 Per una descrizione del principio contabile del valore equo o *fair value* e del suo impiego per rendere opachi i bilanci delle banche attraverso la cartolarizzazione, si veda il capitolo 5.10.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Andamento dei tassi overnight Fed e LIBOR
Media mensile annualizzata (valori in percentuale)
Fonte: Federal Reserve e British Bankers' Association



6.3 Il collasso dell'industria dei mutui *subprime*

Con la situazione di *credit crunch* nel mercato dei capitali, il sistema finanziario ombra legato ai mutui *subprime* collassa per l'impossibilità di rifinanziare sul mercato i propri impieghi a lungo termine. L'attività di interi settori dell'industria finanziaria, come la finanza strutturata, risulta praticamente azzerata¹⁸⁰. Vediamo come ciò avviene.

Il sistema bancario ombra deve la sua sopravvivenza alla capacità di rivendere i titoli il più rapidamente possibile, per rientrare in possesso della liquidità. Quando questo non avviene, il sistema entra in

¹⁸⁰ Ad esempio, l'emissione globale di titoli cartolarizzati CDO passa da un massimo di 178 miliardi di dollari nel secondo trimestre del 2007 a un minimo di 0,57 miliardi di dollari nel terzo trimestre del 2009, con una diminuzione del 99,5% nel biennio. Fonte: Securities Industry and Financial Market Association, <<http://www.sifma.org/research/research.aspx?ID=10806>> (ultimo accesso: 25 novembre 2010).

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

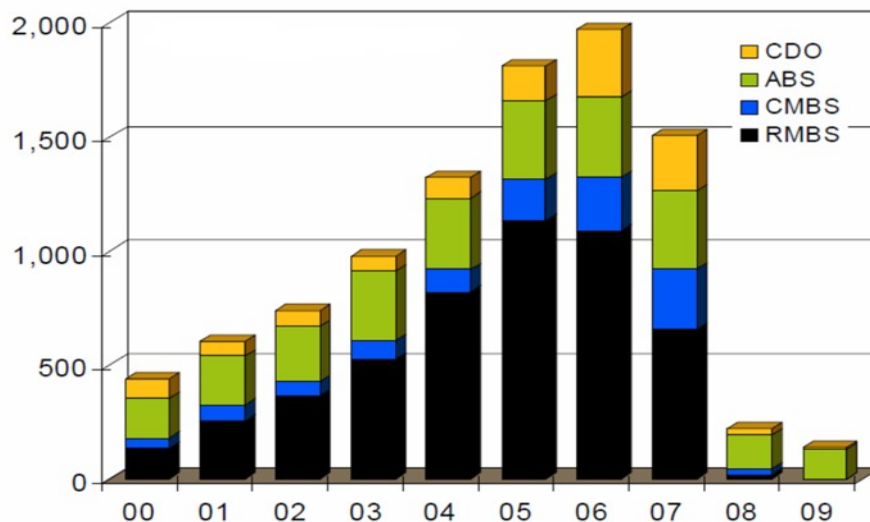
crisi per la mancanza di liquidità e per il peso delle perdite che va a subire. Infatti, nel portafoglio degli enti che effettuano la cartolarizzazione è facile che rimangano titoli cartolarizzati di qualità bassa (*tranche junior*), in quanto maggiormente esposti al rischio di fallimento dei mutuatari e dunque difficili da collocare sul mercato. Inoltre, rimangono in mano agli istituti finanziari i mutui concessi e non ancora cartolarizzati al momento dello scoppio della crisi. Le sofferenze nel sistema bancario ombra innescano vendite massicce di titoli legati ai mutui *subprime*, che portano velocemente al crollo delle quotazioni.

Con l'aumento delle insolvenze tra i mutuatari, i mercati intuiscono che le *tranches junior*, cioè le ultime nella priorità di rimborso, non saranno ripagate, di conseguenza, il loro valore viene praticamente azzerato e il loro mercato evapora. Evapora quindi anche il mercato dell'emissione di nuovi titoli cartolarizzati che, senza il cuscinetto della *tranche junior*, nessuno comprerebbe. Si interrompe così una delle principali fonti di reddito del sistema finanziario ombra, con un ulteriore prosciugamento della loro liquidità.

Emissione globale di titoli cartolarizzati

Valori in miliardi di dollari USA

Fonte: Thomson Reuters



6.4 Contagio del sistema bancario tradizionale

Nell'arco di tempo tra marzo e giugno 2008, la crisi dei mutui *subprime* pare avviarsi verso una stabilizzazione. In tale periodo, il sistema di garanzia dei depositi bancari, esercitato dall'ente federale FDIC, riesce a tenere nonostante i numerosi fallimenti delle banche minori; questo evita il ripetersi di corse agli sportelli dopo quella che colpisce Countrywide Financial nell'agosto 2007.

A ingenerare ottimismo sugli sviluppi della crisi è il ruolo esercitato dalla Federal Reserve nel salvataggio della banca di investimento Bear Stearns che, nell'impossibilità di rifinanziare i propri debiti sul mercato, riceve il 14 marzo 2008 dalla banca centrale un

finanziamento straordinario di 25 miliardi di dollari. Due giorni dopo, Bear Stearns viene svenduta¹⁸¹ alla banca d'investimento JP Morgan Chase grazie alla sponsorizzazione della Fed che, in cambio dell'operazione, concede all'acquirente un ulteriore finanziamento. I fondi con cui la Fed gestisce il salvataggio derivano dalla creazione di nuova moneta elettronica attraverso la pratica contabile nota come espansione del bilancio¹⁸².

Il salvataggio di Bear Stearns da parte della Fed ha un precedente storico alla fine degli anni '90, quando la banca centrale organizza e sostiene una cordata di salvataggio dell'*hedge fund* Long Term Capital Management (LTCM), fallito clamorosamente a seguito di speculazioni andate male legate alla crisi della Russia nel 1998.

Agli occhi del mercato, la ragione del salvataggio di enti quali Bear Stearns e LTCM è che sono troppo grandi per fallire senza creare pesanti conseguenze sistemiche (enti *too-big-to-fail*). Questo crea azzardo morale perché porta a credere che, per un ente in grave difficoltà, piuttosto che diminuire i propri rischi sia più conveniente accrescerli e stringere connessioni con il sistema finanziario per costringere la Fed e il Tesoro statunitense a un salvataggio. Un evento però cambia radicalmente questa percezione: è il fallimento, il 14 settembre 2008, della banca di investimento Lehman Brothers che, contrariamente alle aspettative del

181 Il prezzo iniziale di acquisizione di Bear Stearns è di 2 dollari per azione, cioè meno del 10% delle quotazioni azionarie del titolo toccate appena due giorni prima. Si tratta di un valore lontano anni luce dai 172 dollari di quotazione azionaria toccato da Bear Stearns nel gennaio 2007, e dai 93 dollari di quotazione toccati nel febbraio 2008, appena un mese prima del fallimento. L'offerta di JP Morgan Chase verrà incrementata pochi giorni dopo, arrivando a 10 dollari per azione, per evitare azioni legali di *class action* da parte degli azionisti di Bear Stearns.

182 Per un approfondimento, si veda anche il capitolo 7.1.

mercato, non viene salvata dalla Fed.

Le ragioni del mancato salvataggio sono molteplici ma possono essere ricondotte alla strategia di azzardo morale perseguita da Lehman durante la crisi. Negli interventi precedenti di salvataggio, la Fed fornisce liquidità in cambio di garanzie ipotecarie su strumenti finanziari e/o attivo patrimoniale di qualità, con un rapporto del 100%¹⁸³ circa. Nei mesi precedenti il fallimento, Lehman non provvede a sbarazzarsi dei titoli tossici; questo gli permetterebbe di abbassare il *leverage*, diminuire il bisogno di liquidità e migliorare la qualità del proprio patrimonio, fino a rispondere ai requisiti richiesti fino a quel momento dalla Fed per esercitare il salvataggio. La strategia rischiosissima è invece di continuare a detenere in portafoglio i titoli tossici, puntando sulla ripresa delle loro quotazioni. L'obiettivo è di privatizzare gli utili o, qualora la strategia andasse male, di socializzare le perdite attraverso un salvataggio governativo. L'elevato bisogno di liquidità dovuto alle esposizioni enormi di Lehman e l'impossibilità di fornire sufficienti garanzie ipotecarie di qualità, rende tale banca semplicemente insalvabile secondo i criteri fino a quel momento adottati dalla Fed.

Il mancato salvataggio di Lehman Brothers è un evento inaspettato per i mercati, anche perché avviene appena una settimana dopo il colossale salvataggio, mediante commissariamento governativo, degli

183 Ossia 100.000 dollari di liquidità a fronte di 100.000 dollari di garanzie ipotecarie.

Fonte: Bernanke, B.S. (2008) *Semiannual Monetary Policy Report to the Congress Before the Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs*, U.S. Senate, 15th July, 2008, <<http://www.federalreserve.gov/newsevents/testimony/bernanke20080715a.htm>>.

Alessandro Fiori, *La crisi dei mutui subprime e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio*. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

enti di riassicurazione dei mutui, Fannie Mae e Freddie Mac¹⁸⁴. Alla notizia del fallimento di Lehman, segue il panico nei mercati finanziari. Nel giro di poche ore, come se fosse colpito da una corsa agli sportelli, il mercato dei capitali comincia a prosciugarsi rendendo estremamente difficoltose le attività di rifinanziamento. La situazione sfocia nel *credit crunch*, di cui si è detto in precedenza, e nella temporanea incapacità delle banche più esposte a far fronte ai pagamenti correnti. La crisi finanziaria subisce quindi una *escalation* e un contagio ad altri settori, con il collasso di primari istituti di credito e investitori del settore bancario tradizionale. Il 14 settembre 2008, acquisita la notizia del mancato salvataggio di Lehman, la banca di investimento Merrill Lynch, per evitare di essere costretta al fallimento dalla difficoltà di accesso al credito, accetta la proposta di acquisto da parte di Bank of America, sponsorizzata dalla Fed. Il 16 settembre 2008 è il turno del colosso delle assicurazioni American International Group, che viene travolto dalle richieste di rimborso derivanti dai titoli CDS¹⁸⁵ emessi ed è salvato dalla Fed mediante un finanziamento straordinario di 85 miliardi di dollari. Il 18 settembre 2008, la Fed e il Tesoro statunitense annunciano un piano congiunto di emergenza da 700 miliardi di dollari per il salvataggio del sistema finanziario. Tuttavia, il 25 settembre 2008, viene lasciata fallire la banca commerciale Washington Mutual, che presumibilmente non viene salvata per le ragioni già esposte a proposito di Lehman.¹⁸⁶

184 Tali soprannomi derivano dagli acronimi di Federal National Mortgage Association (FNMA) e Federal Home Loan Mortgage Corporation (FHLMC).

185 L'acronimo sta per *Credit Default Swap*, titoli descritti in dettaglio al capitolo 6.2.

186 Si noti che il fallimento di Lehman Brothers e quello di Washington Mutual costituiscono allo stato attuale i due più grandi fallimenti della storia della Finanza.

La crisi di liquidità colpisce anche le aziende sane che, pur in presenza di una situazione economica in equilibrio e addirittura di profitti, possono diventare in breve tempo insolventi e dunque andare in bancarotta. Avviene così una *escalation* della crisi, con un contagio all'intero settore finanziario internazionale. Possiamo dunque considerare il fallimento di Lehman Brothers nel settembre 2008, che genera il panico e la crisi di liquidità, come un fondamentale spartiacque della crisi finanziaria. È questo l'evento che, in brevissimo, tempo trasforma la crisi da un fenomeno essenzialmente legato ai mutui *subprime* a una crisi di liquidità di proporzioni globali, che arriva a minacciare la sopravvivenza stessa del sistema finanziario internazionale.

7. Le conseguenze della crisi

Sommario: 7.1 Gli interventi delle banche centrali. 7.2 L'intervento del governo USA per il salvataggio del settore finanziario. 7.3 Gli interventi dei governi europei. 7.4 Estensione della crisi al debito sovrano in Europa.

7.1 Gli interventi delle banche centrali

I primi interventi delle banche centrali per fronteggiare la crisi dei mutui *subprime* sono l'abbassamento graduale dei tassi di interesse, la facilitazione del credito alle banche e l'esercizio della funzione istituzionale di prestatore di ultima istanza agli enti in difficoltà.

Tra il settembre 2007 e l'aprile 2008, il tasso ufficiale di sconto della Federal Reserve, ovvero il tasso di interesse applicato dalla banca centrale ai prestiti concessi agli istituti finanziari attraverso la *discount window*, passa dal 5,75% al 2,25%. Interventi analoghi vengono presi dalla Bank of England e dalla Banca Centrale Europea. Nello stesso arco di tempo, la Fed immette liquidità nei mercati attraverso i programmi di facilitazione del credito alle banche noti come TAF e PDCF¹⁸⁷. La Fed lascia inoltre fallire le banche insolventi di dimensioni minori¹⁸⁸ e adotta una politica di “ambiguità costruttiva” in relazione agli enti di importanza sistemica, ovvero lascia gli operatori dubbiosi circa eventuali salvataggi di enti in difficoltà, che verranno decisi caso per caso e in presenza di specifici requisiti patrimoniali¹⁸⁹. La scelta non si

¹⁸⁷ Gli acronimi stanno per *Term Auction Facility* e *Primary Dealer Credit Facility*.

¹⁸⁸ I risparmiatori verranno rimborsati dall'ente federale di garanzia dei depositi, FDIC.

¹⁸⁹ I requisiti consistono in garanzie ipotecarie di elevata qualità creditizia, in rapporto di circa uno a

rivela felice: dopo una serie di interventi riusciti¹⁹⁰, il mancato salvataggio di Lehman Brothers a metà settembre 2008 genera una ondata di panico che favorisce il contagio della crisi all'intero settore finanziario internazionale. Le politiche monetarie sopra descritte vengono quindi affiancate e in parte sostituite da misure non convenzionali.

Le politiche monetarie non convenzionali adottate dalla Fed, dalla Bank of England e, in misura minore, dalla Banca Centrale Europea a partire dal settembre 2008, consistono nel mantenimento del tasso ufficiale di sconto a valori prossimi allo zero¹⁹¹ e nell'adozione di procedure di alleggerimento quantitativo (in Inglese: *quantitative easing*). Quest'ultima è una politica di creazione di moneta e di sua immissione nel sistema finanziario con operazioni di mercato aperto. Consiste nell'aumento delle riserve in eccesso del sistema bancario, attuato mediante acquisizioni in soprannumero della banca centrale di titoli di stato o di titoli di debito privati, con lo scopo di stabilizzarne o aumentarne il prezzo e di ridurre i tassi di interesse a lungo termine. Una particolare tipologia di alleggerimento quantitativo è la cosiddetta pratica di alleggerimento creditizio (in Inglese: *credit easing*). Consiste nell'acquisto o nella sottoscrizione di titoli legati ai mutui ipotecari, con lo scopo di aumentarne la liquidità nei mercati. Il procedimento porta

uno con il prestito richiesto. Fonte: Bernanke, B.S. (2008) *Semiannual Monetary Policy...* op. cit.

190 Ricordiamo il finanziamento da parte della Fed dei salvataggi di Countrywide Financial nell'agosto 2007 e di Bear Stearns nel marzo 2008. Ricordiamo inoltre la concessione straordinaria di credito da parte della Bank of England che, nell'agosto 2007, salva la banca Northern Rock in crisi di liquidità.

191 Nel caso della Banca Centrale Europea, tale valore è prossimo all'uno per cento.

alla creazione di nuova moneta elettronica ed è anche detto di “espansione del bilancio”, perché al termine della procedura il bilancio della banca centrale incorpora le nuove attività e passività rappresentate dai mutui. Viene adottato da Fed, Bank of England e Bank of Japan per sostenere il valore e la liquidità dei mercati di titoli creditizi quali ABS e ABCP¹⁹².

Nel pieno della crisi, tra settembre 2008 e agosto 2009, le riserve in eccesso delle banche centrali crescono in misura rilevante per effetto delle politiche di alleggerimento quantitativo e creditizio. Nel caso della Fed arrivano a toccare il 6,2% del PIL nominale, a fronte di un 5,8% della Bank of Japan e di un 3,5% della Banca Centrale Europea.¹⁹³ I governatori delle banche centrali prendono inoltre impegni credibili a mantenere le politiche di alleggerimento monetario fin tanto che la ripresa non abbia raggiunto degli obiettivi minimi prefissati.

Gli interventi delle banche centrali sopra descritti non riescono a frenare la discesa del sistema finanziario verso l'insolvenza. Con la politica dei tassi a zero, scompare la principale leva di azione della banca centrale. L'economia può quindi cadere nella “trappola della liquidità”, con consumatori e imprese che tendono a posporre acquisti ed investimenti. Inoltre, l'adozione di politiche monetarie non convenzionali pongono rilevanti problemi di metodo e di merito, di cui si è detto ai capitoli 4.4 e 4.5. Tra misure monetarie non convenzionali

192 Gli acronimi stanno per *Asset Backed Securities* e *Asset Backed Commercial Papers*.

193 Shirakawa, M. (2009) “Unconventional monetary policy – central banks: facing the challenges and learning the lessons”. Remarks at the Conference co-hosted by the People's Bank of China and the Bank for International Settlements (Shanghai, 8th August 2009). *BIS Review*, 97.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

proposte per il superamento di questa *empasse*, segnaliamo quella di un economista affermato come Gregory Mankiw secondo cui la Fed dovrebbe verificare la possibilità di fissare un tasso di interesse negativo.¹⁹⁴

Con la recessione in atto e il sistema bancario statunitense e dei principali paesi europei nella paralisi per via del *credit crunch*, gli interventi delle banche centrali non sono sufficienti a ripristinare la fiducia nei mercati. Solo un intervento politico senza precedenti, concordato internazionalmente, può ripristinare la fiducia nel sistema finanziario, che rischia di essere travolto da una spirale negativa che ne minaccia l'esistenza stessa. Tale intervento viene deciso nei summit dei paesi del G-20 avvenuti a Washington nel novembre 2008 e a Londra nell'aprile 2009.

7.2 L'intervento del governo USA per il salvataggio del settore finanziario

Negli Stati Uniti, le prime misure governative per affrontare il panico nei mercati causato dal fallimento di Lehman Brothers provengono dalla Securities and Exchange Commission, che il 19 settembre 2008 stabilisce un divieto temporaneo di vendita allo scoperto nei mercati regolamentati, che permarrà fino all'8 ottobre 2008. L'obiettivo è diminuire la pressione al ribasso sulle borse valori

194 Mankiw, G. (2009) It May Be Time for the Fed to Go Negative, *The New York Times*, 19th April, 2009.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

derivante dalle speculazioni sui titoli quotati. L'iniziativa segue una misura analoga posta in essere il giorno prima nel Regno Unito dalla Financial Services Authority, l'ente di controllo delle borse valori.

Il 18 settembre 2008, il Segretario al Tesoro, Henry Paulson, propone la creazione di un fondo governativo da 700 miliardi di dollari a sostegno del sistema finanziario statunitense. L'iniziativa è concertata con il direttore della Fed, Ben Bernanke, ed è indirizzata al Congresso che deve approvare le necessarie modifiche legislative. Dopo un travagliato passaggio legislativo che semina ulteriore incertezza nei mercati, il 3 ottobre 2008 viene approvato l'Emergency Economic Stabilization Act che recepisce la proposta di Paulson e Bernanke. La legge autorizza il Dipartimento del Tesoro a spendere fino a 700 miliardi di dollari per sostenere la liquidità dei mercati (anche attraverso l'acquisto di titoli legati ai mutui ipotecari) e per ricapitalizzare il sistema finanziario. Il salvataggio di banche, compagnie assicurative e industrie avviene attraverso il Troubled Asset Relief Program (TARP), con cui vengono ricapitalizzate, attraverso acquisti di titoli e quote azionarie, aziende in difficoltà quali American International Group, Citigroup, General Motors e Chrysler. Il costo del programma TARP per le finanze pubbliche viene inizialmente stimato in circa 350 miliardi di dollari, ma si rivelerà estremamente più conveniente grazie all'abilità di gestione dei fondi e alla ripresa economica statunitense che avverrà nel 2010; la stima dei costi complessivi del programma risulterà pari a 25

miliardi di dollari al novembre 2010¹⁹⁵. Tuttavia, al momento del varo, l'esito del programma appare alquanto incerto e non riesce a ridurre la tensione tra gli investitori che, tra settembre e novembre 2008, porta a ripetuti crolli nelle borse valori statunitensi e mondiali.

La crisi finanziaria, ormai di dimensioni globali, viene affrontata con una coordinazione senza precedenti tra le economie avanzate mondiali. Il piano di salvataggio del settore finanziario viene discusso al summit dei paesi del G-20 avvenuto a Washington il 14 e 15 novembre 2008. L'importanza di tale incontro nella decisione del piano di interventi è tale che i media arrivano a soprannominare il summit come Bretton Woods II. I governi dei principali paesi maggiormente colpiti concordano sulla necessità di un piano di salvataggio basato sulla ricapitalizzazione degli enti finanziari in difficoltà. Ciascun paese determinerà gli stanziamenti e le modalità di intervento in maniera indipendente. Si concorda inoltre, seppure in linea di principio, sulla necessità di riforme del sistema di regolamentazione. Il summit del G-20 di Washington e quello che si terrà a Londra nell'aprile 2009 segnano una diminuzione dell'influenza degli Stati Uniti nel determinare le regole della finanza e del commercio mondiale; contemporaneamente, emerge il ruolo della Cina quale gigante geopolitico mondiale.

Dal punto di vista della regolamentazione, la prima risposta alla crisi dei mutui cartolarizzati avviene con l'*Housing and Economic Recovery Act*, siglato dal presidente George W. Bush il 30 luglio 2008. La

195 Fonte: Congressional Budget Office (2010) *Report on the Troubled Asset Relief Program – November 2010*, The Congress of the United States, Washington, <<http://www.cbo.gov/ftpdocs/119xx/doc11980/11-29-TARP.pdf>>.

legge ha l'obiettivo di restaurare la fiducia nel sistema dei mutui e prevede la nascita di una autorità specifica, la Federal Housing Finance Agency, per la supervisione degli enti di riassicurazione dei mutui quali Fannie Mae e Freddie Mac¹⁹⁶. Per una riforma organica della regolamentazione finanziaria degli Stati Uniti occorrerà aspettare l'amministrazione di Barack Obama sotto cui viene approvato, nel luglio 2010, il Dodd-Frank Wall Street Reform and Consumer Protection Act. La legge viene emanata con l'obiettivo di: 1) richiedere una maggiore capitalizzazione e liquidità delle istituzioni finanziarie; 2) assicurare che le imprese possano fallire in maniera ordinata e senza rendere necessario un salvataggio governativo; 3) rafforzare la *governance* e le funzioni di controllo della Federal Reserve e dell'ente federale di garanzia dei depositi, FDIC; 4) estendere la garanzia sui depositi bancari esercitata dalla FDIC agli istituti parabancari; 5) assicurare che gli investitori e le maggiori istituzioni finanziarie sostengano in via prioritaria rispetto ai contribuenti i costi per la stabilizzazione del sistema finanziario.

7.3 Gli interventi dei governi europei

Piani di intervento simili a quello statunitense, basati sulla ricostituzione della liquidità nel sistema finanziario ed economico, vengono realizzati nel Regno Unito, in Germania e in Francia.¹⁹⁷ Gli

¹⁹⁶ Tali soprannomi derivano dagli acronimi di Federal National Mortgage Association (FNMA) e Federal Home Loan Mortgage Corporation (FHLMC).

¹⁹⁷ Gli stanziamenti di tali governi (non necessariamente spesi) sono di 500 miliardi di sterline per il

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

interventi pubblici di tali paesi si concentrano nella ricapitalizzazione e, laddove questa non bastasse, nella nazionalizzazione di istituti bancari, assicurativi, finanziari e industriali in difficoltà. In altri termini, gli stati diventano azionisti e dunque proprietari, in tutto o in parte, degli enti da risanare. L'obiettivo è soprattutto evitare il fallimento delle banche e ripristinare la liquidità anche nei confronti di famiglie e imprese. I governi dei paesi membri dell'Unione Europea concordano inoltre sull'estendere le garanzie statali sui depositi bancari e su una maggiore convergenza di tali norme all'interno dell'Unione. L'obiettivo è diminuire il rischio che i correntisti, temendo delle insolvenze, si precipitino in massa presso le banche chiedendo indietro i soldi depositati. In tale ottica, viene approvata la direttiva 2009/14/CE che porta il livello minimo di garanzia sui depositi a 50 mila euro, contro i 20 mila euro previsti dalla direttiva 94/19/CE precedentemente in vigore; i singoli stati membri sono ovviamente liberi di adottare livelli superiori di garanzia. Inoltre, vengono stabiliti tempi certi per il rimborso e vengono posti degli obiettivi di ulteriore estensione della garanzia a seconda dell'evoluzione della crisi.

All'interno delle politiche di ricapitalizzazione sopra descritte, vengono effettuati i seguenti interventi governativi. Nel Regno Unito, vengono parzialmente nazionalizzate le banche Northern Rock, HSBO, Royal Bank of Scotland e Lloyds. Gli interventi governativi congiunti di Belgio, Olanda e Lussemburgo nazionalizzano le banche Dexia e Fortis;

Regno Unito, di 500 milioni di euro per la Germania, e di 360 miliardi di euro per la Francia.

parte di quest'ultima viene acquisita da BNP Paribas, grazie anche all'intervento francese. Il governo islandese ristruttura pressoché interamente il sistema bancario mediante la ricapitalizzazione o la nazionalizzazione delle banche travolte dalle perdite; al tempo stesso ripudia la garanzia statale sui depositi bancari concessi al di fuori del paese. Questo crea tensioni diplomatiche con il Regno Unito, il paese estero più esposto, che a sua volta pone in amministrazione controllata le sussidiarie britanniche delle banche islandesi. In Irlanda viene nazionalizzata la Anglo Irish Bank, con pesanti ricadute sulla stabilità dei bilanci pubblici.

In Italia, vengono stanziati per affrontare la crisi finanziaria circa 40 miliardi di euro, una cifra estremamente limitata rispetto ad altri paesi perché le perdite nel sistema bancario risultano minori. Infatti, le banche italiane presentano storicamente un basso livello di concorrenza e attuano un sistema prevalentemente tradizionale di raccolta dei risparmi e concessione dei mutui. Dunque le banche godono di rendimenti meno rischiosi e più costanti nel tempo; inoltre, hanno fortunatamente investito poco nei titoli cartolarizzati statunitensi. Lo stanziamento del governo italiano non sarà dunque utilizzato per ricapitalizzare né tanto meno nazionalizzare alcun ente in difficoltà; non si rende necessaria alcuna estensione della garanzia sui depositi, che arriva a coprire oltre 103 mila euro (equivalenti alle vecchie 200 milioni di lire) ed è la più alta dell'Unione Europea.

Dal punto di vista della regolamentazione del settore bancario, i

governi europei promuovono l'emanazione delle proposte di riforma note come Basilea III, di cui parliamo approfonditamente nel capitolo 9.

7.4 Estensione della crisi al debito sovrano in Europa

Lo sforzo dei governi europei per fronteggiare la crisi finanziaria ed economica si riflette nei propri bilanci pubblici. L'azione che viene concordata è quella, estremamente costosa, di evitare fallimenti nel settore bancario per ripristinare la fiducia di risparmiatori e investitori. Per rifinanziare il settore finanziario, i governi europei sono costretti a ricorrere al mercato dei capitali emettendo debito pubblico sotto forma di titoli di stato. Contemporaneamente, sono costretti a immettere nell'economia capitali a sostegno della domanda aggregata di famiglie e imprese. Tali misure di sostegno sono necessarie per stimolare la ripresa, a seguito della crisi economica che colpisce l'Europa a partire dalla seconda metà del 2008. Le misure vengono intraprese anche per via delle proteste sociali, per cui i cittadini percepiscono i salvataggi delle banche come un'ingiusta forma di "socializzazione delle perdite" dopo che le banche avevano privatizzato i guadagni nei periodi di boom.

Tra il 2008 e il 2009, i tassi di interesse sul debito pubblico dei paesi europei rimangono generalmente bassi. La preoccupazione dei risparmiatori è infatti rivolta verso le imprese e le attività finanziarie private, mentre i titoli pubblici sono visti come un rifugio sicuro per i propri risparmi. Tuttavia, le misure di sostegno del sistema finanziario e

dell'economia fanno correre nel 2009 l'accumulazione di deficit pubblico. Maggiori preoccupazioni coinvolgono Regno Unito, Portogallo, Irlanda, Grecia e Spagna. Il deficit pubblico può anche essere visto come un indicatore sintetico di quanto velocemente stia crescendo il debito pubblico. Con i debiti che passano dal settore finanziario a quello pubblico, gli investitori iniziano a domandarsi come e quando tale debito sarà ripagato.

Nel Regno Unito le maggiori preoccupazioni sono di tipo interno. A causa della indipendenza del sistema monetario legato alla sterlina, le soluzioni possibili per il futuro rimborso del debito sono più numerose che per un paese della zona euro. Il debito potrà essere ripagato dai cittadini attraverso le tasse o rinunce alla spesa pubblica. Inoltre, la Bank of England potrà procedere, di concerto con il governo, all'utilizzo di politiche monetarie inflattive e di svalutazione della sterlina; in tal caso, il debito da rimborsare risulterà nominalmente identico, ma diminuirà in termini reali. Ci rimetteranno dunque i creditori e in ultima analisi anche i cittadini, sotto forma di maggiore inflazione. Tuttavia, una misura di svalutazione rende relativamente più convenienti i beni di produzione interna rispetto a quelli di importazione, quindi migliora la bilancia commerciale con l'estero e stimola l'economia (si parla in tal caso di “svalutazione competitiva”). È dunque difficilmente pensabile un ripudio del debito da parte del Regno Unito, che può alleggerirne il peso utilizzando la leva monetaria.

Il discorso cambia per paesi con largo deficit pubblico che fanno

parte del sistema della moneta unica europea, come Portogallo, Irlanda, Grecia e Spagna. La scelta di svalutare la moneta per alleviare il peso del debito non può essere praticata senza il consenso degli altri partner europei, oltre che della Banca Centrale Europea. Tale soluzione appare dunque fortemente improbabile per la storica avversione di Germania e BCE a politiche monetarie di inflazione e svalutazione della moneta. Nel medio-lungo termine, solo una politica fiscale attenta può essere una soluzione ai pericoli di default dei paesi membri dell'Euro. Tuttavia, nel breve periodo questo può non essere realizzabile (o auspicabile) e può risultare pertanto necessario un aiuto esterno per evitare il default. Anche l'Italia, pur avendo un deficit relativamente contenuto e un elevato risparmio delle famiglie, deve mantenere la disciplina fiscale per evitare attacchi speculativi sul proprio debito.

In risposta a tali rischi e con la Grecia che nel primo trimestre del 2010 si trova in gravi difficoltà nel rifinanziare il debito pubblico, l'Unione Europea decide di adottare un piano di salvataggio comune. Il paese ellenico riceve ad aprile 2010 finanziamenti per 30 miliardi di euro da paesi dell'area euro e dal Fondo Monetario Internazionale, in cambio di stretti controlli sulle misure di risanamento economico e sul rimborso del debito. L'Unione Europea decide inoltre, ai primi di maggio 2010, di creare un fondo di garanzia di 750 miliardi di euro a sostegno della stabilità finanziaria dei paesi membri, noto come European Financial Stability Facility (EFSF). L'ente avrà la forma di uno *special purpose vehicle* (SPV) e potrà emettere obbligazioni garantite dai singoli

stati membri dell'area euro (fino a 440 miliardi di euro), dalla Commissione Europea (fino a 60 miliardi di euro) e dal Fondo Monetario Internazionale (fino a 250 miliardi di euro). I fondi così raccolti saranno utilizzabili dall'ente EFSF per fornire mutui agli stati in difficoltà che ne facciano richiesta e presentino adeguate garanzie di rimborso.

Nel novembre 2010, l'Irlanda richiede formalmente il supporto finanziario dell'ente EFSF e del Fondo Monetario Internazionale. Lo stesso mese, viene formalizzato un piano congiunto dell'Unione Europea e del FMI che prevede un prestito all'Irlanda di 85 miliardi di euro, di cui 22,5 miliardi provenienti dall'EFSF. È possibile che un intervento analogo possa interessare, nel corso del 2011, il Portogallo e la Spagna, che tuttavia non hanno presentato al momento alcuna richiesta formale di aiuto.

8. Prevedibilità della crisi: realtà e falsi miti

Sommario: 8.1 Segnalazioni della pericolosità del sistema finanziario.

8.2 Un falso mito riguardo alla crisi.

8.1 Segnalazioni della pericolosità del sistema finanziario

La pericolosità del sistema finanziario delineato dal *Washington consensus* viene segnalata già dalla fine degli anni '90, durante la seconda amministrazione Clinton, dal futuro premio Nobel per l'Economia Joseph Stiglitz. Egli critica le politiche di liberalizzazione dei mercati dei capitali, promosse congiuntamente dal Tesoro statunitense e dal Fondo Monetario Internazionale, che avrebbero permesso ai capitali stranieri un più facile afflusso nelle banche e nelle aziende dei paesi in via di sviluppo. Parimenti, tali politiche avrebbero permesso alle economie avanzate e in particolare agli Stati Uniti un più facile accesso ai risparmi mondiali. La reazione del Segretario al Tesoro, Larry Summers, alle critiche di Stiglitz è di attivarsi per ottenere la sua rimozione¹⁹⁸ dall'incarico di *Chief Economist* presso la World Bank, come poi effettivamente avvenuto¹⁹⁹ nel novembre 1999. Ovviamente una personalità del calibro di Stiglitz non fatica certo a trovare un'altra collocazione; tuttavia questo è un chiaro esempio di come denunciare con troppa foga gli squilibri del sistema finanziario, disegnato su misura per le grandi banche d'investimento di Wall Street, potesse portare, nei

198 Wade, R. H. (2002) "US hegemony and the World Bank: the fight over people and ideas". *Review of international political economy*, Vol. 9, No. 2, pp. 215-243.

199 Stevenson, R.W. (1999) Outspoken chief economist leaving World Bank, *New York Times*, 25th November 1999.

più elevati ambienti istituzionali, a conseguenze spiacevoli e a un più o meno velato ostracismo.

Tra il 2000 e il 2005, cominciano a salire le preoccupazioni a livello internazionale sulla rischiosità del sistema finanziario. Si fanno infatti sempre più numerose le segnalazioni in ambito accademico e istituzionale dell'emergere di fattori di rischio che, se non affrontati, potrebbero portare al collasso dell'economia globale.

Destano preoccupazione il “deficit gemello” nelle partite correnti e nel bilancio pubblico dell'economia statunitense, la crescita debole dei paesi dell'Europa occidentale e i ricorrenti periodi di deflazione in Giappone. Vi è piena coscienza²⁰⁰ che il debito delle famiglie statunitensi costituisca una seria fragilità del sistema economico, tanto più in presenza di una probabile futura risalita dei tassi di interesse.

Segnalazioni circostanziate dei fattori di rischio arrivano con largo anticipo dal mondo accademico. George Kaufman e Kenneth Scott segnalano il ruolo della carente regolamentazione del settore bancario nel generare rischi di crisi sistemiche.²⁰¹ Stephen Morris e Hyun Song Shin mostrano come i metodi di gestione del rischio adottati dagli operatori possano ingenerare una crisi di liquidità potenzialmente distruttiva del mercato.²⁰² Economisti affermati come Nassim Taleb²⁰³, Nouriel Roubini e Andrew Lo²⁰⁴ segnalano dettagliatamente i rischi di

200 Il problema del debito privato statunitense è affrontato, ad esempio, nel manuale di macroeconomia: Abel, A.B., Bernanke, B.S. (2005) *Macroeconomics*. Pearson Addison Wesley.

201 Kaufman, G.G., Scott, K.E. (2003) “What is Systemic Risk, and Do Bank Regulators Retard or Contribute to It?” *The Independent Review*, VIII(3), pp. 371-391.

202 Morris, S., Shin, H.S. (2004) “Liquidity Black Holes”, *Review of Finance*, Vol. 8, pp. 1-18.

203 Vedi ad esempio: Taleb, N.N. (2001) *Foiled by Randomness...* op. cit.

204 Vedi ad esempio: Getmansky, M., Lo, A., Mei, S. (2004) “Sifting Through the Wreckage: Lessons

collasso dei mercati finanziari, dato dalla combinazione di:

- bassi tassi di interesse della Fed;
- bolla speculativa nel mercato immobiliare;
- sovra-indebitamento dell'economia;
- errati strumenti di valutazione del rischio;
- dimensioni enormi del mercato non regolamentato dei titoli

derivati.

Riguardo all'ultimo punto, la consapevolezza del potenziale distruttivo di alcuni titoli derivati viene riassunta da una celebre frase dell'imprenditore Warren Buffet, che nel 2003 li descrive come “armi finanziarie di distruzione di massa”²⁰⁵.

La coscienza dei rischi del sistema finanziario viene avvertita anche all'interno del Fondo Monetario Internazionale e in particolare dal suo *Chief Economist*, Raghuram Rajan. Nell'agosto 2005, a Jackson Hole durante il principale raduno annuale di economisti e banchieri centrali di tutto il mondo, Rajan stupisce la platea e attacca in maniera circostanziata la politica di Greenspan, ormai prossimo al pensionamento e responsabile di lasciare in eredità un sistema finanziario estremamente fragile.

Rajan²⁰⁶ sostiene che il rapido sviluppo di *Asset Backed Securities* e *Credit Default Swaps* porti allo sviluppo di una falsa confidenza nella

from Recent Hedge-Fund Liquidations”, *Journal of Investment Management*, Vol. 2, pp. 6-38.

Chan, N., Getmansky, M., Haas, S., Lo, A. (2004) “Systemic Risk and Hedge Funds”, Conference Paper, NBER Conference on the Risks of Financial Institutions, Woodstock, 22-23 October 2004.

205 Buffet, W. (2002) “Chairman's letter” in *Berkshire Hathaway Inc. 2002 Annual Report*.

206 Rajan, R.G. (2005) “Has financial development made the world riskier?” *Proceedings, Federal Reserve Bank of Kansas City*, August 2005, pp. 313-369.

gestione del rischio e in particolare nell'evoluzione del rischio di credito in rischio di liquidità. Rajan sottolinea inoltre come il sistema di incentivi manageriali possa condurre a comportamenti opportunistici potenzialmente catastrofici per il sistema finanziario, dovuti ad azzardo morale e conflitti di interesse.

8.2 Un falso mito riguardo alla crisi

Le previsioni di Taleb, Roubini, Rajan e altri sul collasso del sistema finanziario si sono poi rivelate corrette. Possiamo quindi sfatare un mito che accompagna questa crisi fin dalle origini, ossia il fatto che gli economisti non abbiano saputo prevederla. Possiamo inoltre tentare di dare una spiegazione delle origini di questo falso mito.

La prima ragione si potrebbe rinvenire nel fatto che gli economisti, come altri accademici, non hanno come principale oggetto del loro studio quello di fare previsioni sull'andamento dell'economia; piuttosto, il loro ruolo consiste nello sviluppare gli strumenti di analisi da mettere a disposizione di chi poi dovrà effettuare tali valutazioni. C'è dunque relativamente poca convenienza a esporsi nel fare previsioni, soprattutto di natura pessimistica, tanto più che difficilmente queste troverebbero spazio nella letteratura scientifica. Inoltre, divulgare la notizia di un'imminente crisi catastrofica dei mercati finanziari, anche avendo la certezza e gli elementi per dimostrare le proprie teorie, rischia di rivelarsi controproducente. Un annuncio credibile potrebbe

addirittura accelerare la discesa verso la crisi. Un comportamento responsabile dovrebbe allora consistere nel circoscrivere i destinatari di tali previsioni ai rappresentanti della politica e delle istituzioni.

La reticenza ad esprimere previsioni riguardo a potenziali crisi potrebbe essere stata generata anche da un altro fattore: un conflitto di interesse interno ai maggiori centri accademici e di ricerca. Tra le principali università vi è infatti un incentivo legato al mantenimento di interrelazioni con le istituzioni finanziarie. Quindi si può ipotizzare che ci sia stata una sorta di incentivo nell'appoggiare le politiche sostenute a partire dagli anni '90 dal *Washington consensus* e dalle principali banche del settore finanziario. È dunque possibile che questi incentivi abbiano potuto in qualche misura influire, anche inconsapevolmente, sulla volontà di sostenere apertamente delle accuse impopolari e allarmistiche, quand'anche giustificate, nei confronti delle inefficienze del sistema finanziario e delle istituzioni.

9. Nuove prospettive per la regolamentazione del rischio nel settore bancario

Sommario: 9.1 Storia delle norme di Basilea. 9.2 Accordi di Basilea I. 9.3 Accordi di Basilea II. 9.4 Determinazione dei requisiti minimi patrimoniali secondo Basilea II [9.4.1 Determinazione delle esposizioni creditizie. 9.4.2 Requisito di capitale dovuto al rischio di mercato. 9.4.3 Requisito di capitale dovuto al rischio operativo]. 9.5 Implementazione di Basilea II negli ordinamenti nazionali. 9.6 Limiti di Basilea II. 9.7 Basilea III.

I costi altissimi della recente crisi finanziaria indicano come uno dei punti più delicati sia la prevenzione. Le crisi che colpiscono il settore bancario sono infatti di gran lunga più importanti di quelle che colpiscono altre industrie in quanto i loro costi sociali sono enormi e colpiscono la collettività nel suo insieme. La ragione frequente per cui avviene una crisi bancaria è proprio perché i costi sociali eccedono i costi privati per la singola istituzione finanziaria, che può avere un incentivo ad assumere rischi eccessivi. Una regolamentazione efficace dovrebbe fornire adeguati meccanismi che costringano le singole istituzioni a internalizzare i costi sociali e a ridurre così le esternalità negative.²⁰⁷

Lo strumento principale di regolamentazione del settore bancario consiste nei requisiti minimi patrimoniali ed è regolato internazionalmente dalle norme note come Accordi di Basilea. Tali accordi comprendono le linee guida in materia di requisiti patrimoniali

²⁰⁷ La presenza di esternalità è legata nella teoria economica al problema del *free rider* e all'azzardo morale; per un approfondimento su tali temi, si vedano i capitoli 2.3, 5.7 e 5.8.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

delle banche, emesse dal Comitato di Basilea per la vigilanza bancaria sotto il patrocinio della Banca per i Regolamenti Internazionali (in Inglese: Bank for International Settlements o BIS).

9. 1 Storia delle norme di Basilea

Il Comitato di Basilea viene costituito nel 1974 dai governatori delle banche centrali del Gruppo dei Dieci²⁰⁸. Nasce in seguito alle ricadute internazionali del fallimento della banca tedesca Herstatt che attirano per la prima volta l'attenzione sulle ricadute sistemiche del rischio di credito a livello internazionale.

La banca Herstatt, in stato di dissesto, riceve dalle autorità tedesche l'ordine di cessare le proprie attività bancarie il 26 giugno 1974, alla fine dell'orario lavorativo della loro sede in Germania. Nel corso di tale giornata, la Herstatt riceve da altre banche degli ordini di cambio di marchi in dollari. Per via delle differenze di fuso orario, dopo aver già incassato presso le filiali tedesche gli importi in marchi, la Herstatt cessa le operazioni (come ordinato dall'autorità nazionale) senza prima procedere alla consegna a New York del rispettivo cambio in dollari. Le banche controparti e i loro corrispondenti negli Stati Uniti non ricevono dunque il pagamento, con la conseguenza che il sistema dei pagamenti interbancari incontra temporanee difficoltà di

208 Il Gruppo dei Dieci o G-10, contrariamente a quanto il suo nome lasci intendere, è un gruppo informale di undici paesi. Viene costituito negli anni Sessanta dalle dieci maggiori economie capitalistiche dell'epoca (Belgio, Canada, Francia, Germania, Giappone, Italia, Olanda, Regno Unito, Stati Uniti, Svezia), cui si unisce successivamente la Svizzera, con lo scopo di fornire risorse supplementari al Fondo Monetario Internazionale.

funzionamento. Le perdite complessive per il sistema finanziario sono risultate relativamente limitate; ciò nonostante, è apparsa chiara agli occhi delle banche e dei regolatori l'esistenza di un rischio sistemico nel mercato dei cambi. Da qui, l'esigenza di una maggiore coordinazione internazionale nel regolare gli scambi interbancari e, in generale, la solvibilità del sistema bancario, cui è seguita la creazione in seno alla Banca per i Regolamenti Internazionali (la "banca delle banche") di un apposito gruppo di lavoro, il Comitato di Basilea.

Il compito istituzionale del Comitato è di rafforzare l'affidabilità del sistema finanziario, stabilire gli standard minimi in tema di controllo prudenziale, diffondere e promuovere le migliori pratiche bancarie e di sorveglianza, promuovere la cooperazione internazionale in materia di controllo prudenziale. Dalla fondazione a oggi il numero dei paesi rappresentati è cresciuto fino a rappresentare le principali economie mondiali avanzate e in via di sviluppo.²⁰⁹ Il Comitato costituisce infine un forum informale per lo scambio di informazioni sull'evoluzione della regolamentazione e delle pratiche di sorveglianza a livello nazionale, oltre che sugli avvenimenti di attualità nel mondo finanziario. I risultati principali del Comitato sono i cosiddetti Accordi di Basilea sui requisiti minimi di capitale delle banche.

Gli Accordi di Basilea costituiscono un dispositivo prudenziale di norme destinate a una migliore comprensione dei rischi bancari e delle

209 Sono rappresentati nel Comitato: Arabia Saudita, Argentina, Australia, Belgio, Brasile, Canada, Cina, Francia, Germania, Regione Autonoma di Hong Kong, India, Indonesia, Italia, Giappone, Corea del Sud, Lussemburgo, Messico, Olanda, Russia, Singapore, Sud Africa, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Regno Unito e Stati Uniti.

Alessandro Fiori, *La crisi dei mutui subprime e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio*. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

necessità di capitale economico di rischio²¹⁰ per le banche. Principalmente, le norme riguardano il rischio di credito (o di controparte). Il primo accordo risale al 1988; il testo del secondo accordo viene presentato in versione definitiva nel giugno del 2004 ed entra in vigore nell'Unione Europea nel gennaio 2007. Il Comitato, sotto la direzione del suo attuale presidente nonché governatore della banca centrale olandese, Nout Wellink, sta infine procedendo alla predisposizione del terzo accordo, anche noto come Basilea III.

Le norme di Basilea III dovrebbero essere la principale risposta dei regolatori ai rischi di solvibilità delle banche a seguito della crisi finanziaria. Con lo stesso obiettivo, sono in corso di discussione le nuove direttive europee note come Solvency II per la regolamentazione dei requisiti di capitale dei settori assicurativi e previdenziali.

9.2 Accordi di Basilea I

Nel 1988 il Comitato di Basilea, composto dai governatori delle banche centrali di 13 paesi dell'OCSE²¹¹, pubblica il primo accordo sui requisiti patrimoniali delle banche. Questo documento, successivamente noto come Basilea I, presenta un insieme di raccomandazioni agli stati (membri e non) e alle autorità di regolamentazione, con l'obiettivo di fissare per le banche un requisito minimo di capitale economico in

210 Per una definizione di capitale economico di rischio e un approfondimento sulle sue modalità di determinazione, si veda il capitolo 2.2.

211 I tredici paesi sono: Belgio, Canada, Francia, Germania, Giappone, Italia, Lussemburgo, Olanda, Regno Unito, Spagna, Stati Uniti, Svezia e Svizzera.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

rapporto ai crediti accordati. Tale requisito prende il nome di coefficiente Cooke (in Inglese: *Cooke ratio*) dal nome dell'allora presidente del Comitato, l'inglese Peter Cooke. Sono inoltre definite le nozioni di requisito minimo patrimoniale e di insieme delle esposizioni creditizie; queste vengono rigorosamente definite secondo il sistema contabile della banca. Secondo le norme previste dall'accordo, il rapporto tra i due valori non può scendere sotto l'8%.

Le norme si configurano come raccomandazioni: toccherà a ciascuno stato membro (e a qualunque altro stato eventualmente interessato) provvedere ad accoglierle nel proprio sistema legale, nella maniera ritenuta più opportuna. Il Comitato infatti non possiede formalmente alcuna autorità di supervisione sovra-nazionale e le sue conclusioni non hanno (né intendono avere) alcun potere legale autonomo. Nei paesi dell'Unione Europea, il recepimento del primo accordo di Basilea è avvenuto con la direttiva 89/647/CEE del 18 dicembre 1989 relativa al coefficiente di solvibilità degli enti creditizi, in vigore dal 1 gennaio 1993 in tutta l'Unione.

La funzione del coefficiente di solvibilità è quella di obbligare l'istituto di credito ad approntare un "cuscinetto" minimo di capitale proprio, con cui fronteggiare le eventuali perdite sui crediti. Ad esempio, un rapporto dell'8% tra il requisito minimo patrimoniale e i crediti concessi vuole dire che la banca deve finanziare 100 euro di crediti concessi con almeno 8 euro di capitale proprio e non oltre 92 euro di capitale di debito (cioè depositi, mutui passivi, finanziamento

interbancario, etc.).

Nella composizione del requisito minimo patrimoniale possono essere inclusi oltre al capitale economico (cioè i fondi propri in senso stretto) anche quei fondi costituenti "quasi-capitale" cioè i debiti subordinati. Questi sono costituiti dai crediti concessi alla banca, per i quali vale la clausola di postergazione. Con tale clausola, il creditore che sottoscrive il prestito subordinato rinuncia all'applicazione della *par condicio creditorum* nei propri confronti, cioè accetta, in caso di liquidazione dell'istituto emittente, il rinvio delle proprie pretese di rimborso al soddisfacimento di tutti gli altri creditori concorsuali.

Il debito subordinato rappresenta per l'istituto di credito uno strumento di capitalizzazione, in quanto ne amplia la composizione del passivo e si pone quale via intermedia tra il capitale proprio e il debito ordinario. I creditori subordinati partecipano infatti ai rischi aziendali, essendo rimborsati in caso di liquidazione solo dopo il completo soddisfacimento dei creditori ordinari ma comunque prima degli azionisti. In questa veste, le norme di Basilea (sia nel primo che nel secondo accordo) riconoscono una ricomprensione, totale o parziale, dei crediti subordinati nella formazione del patrimonio di vigilanza.

Le norme di Basilea I riconoscono l'importanza delle garanzie reali come fattore di attenuazione del rischio creditizio; pertanto, consentono di ridurre, rispetto al suo valore nominale, il credito da imputare nell'insieme delle esposizioni creditizie, in considerazione della qualità creditizia della controparte. In particolare, si permette di

escludere dalla computazione delle esposizioni creditizie: fino al 50% del valore nominale dei crediti garantiti da ipoteca; fino all'80% del valore nominale dei crediti verso una controparte bancaria o verso enti pubblici di paesi fuori dall'area OCSE; fino al 100% del valore nominale di crediti verso enti pubblici di paesi dell'area OCSE. I criteri di esclusione valgono anche per i crediti assistiti da garanzia reale in titoli emessi da enti del settore pubblico, nelle medesime percentuali previste a seconda che il paese sia compreso o meno nell'area OCSE.

L'emanazione delle norme di Basilea I hanno come risultato storico quello di prima tappa di un cammino verso l'armonizzazione internazionale dei requisiti patrimoniali delle banche. Progressivamente, ciascuna nazione al mondo con banche che operano internazionalmente ha scelto di accogliere tali norme nel proprio ordinamento giuridico. Tuttavia, il processo di regolamentazione non può che essere continuo, per correggere le inadeguatezze a fronte dei sempre più veloci mutamenti del settore. Le lacune più evidenti delle norme di Basilea I riguardano la ponderazione delle esposizioni creditizie, che appare insufficiente a rappresentare l'effettiva complessità del rischio di credito. Le banche hanno generalmente approfittato di tale mancanza di discriminazione per effettuare delle operazioni di arbitraggio prudenziale (in Inglese: *regulatory arbitrage*), cioè per sfruttare le differenze tra il rischio economico effettivo e quello misurato sulla base dell'accordo. Il caso più classico di arbitraggio

prudenziale consiste nell'indirizzare le risorse raccolte verso gli impieghi più rischiosi, a fronte della medesima dotazione patrimoniale richiesta dalla norma. Infatti, entro il limite massimo delle esposizioni creditizie, determinato dalla disponibilità di capitale proprio, risulta conveniente diminuire gli impieghi meno rischiosi ma che presentano un basso rendimento, a favore di altri più rischiosi ma anche maggiormente remunerativi.

Una grave mancanza di Basilea I è lo sfavorire per alcuni tipi di transazione l'uso di tecniche per l'attenuazione del rischio. Ad esempio, l'utilizzo di assicurazioni o strumenti derivati per la copertura del rischio di credito non incide sulla determinazione delle esposizioni creditizie.

Segnali di obsolescenza dell'accordo vengono anche dalla sempre maggiore diffusione a partire dagli anni '90 degli strumenti derivati che costituiscono rischi fuori bilancio. Nel 1996, la norma viene integrata con la previsione di una quota addizionale di fondi propri, in relazione alle esposizioni fuori bilancio. Risulta tuttavia sempre più necessaria una riforma organica, che prenda la forma di un nuovo accordo.

9.3 Accordi di Basilea II

Dopo diversi anni di preparazione, nel giugno 2004 viene presentato in forma definitiva il nuovo testo dell'accordo che prende il

nome di Basilea II.²¹² La principale novità rispetto all'accordo precedente è la possibilità dell'uso di modelli interni di valutazione del rischio da parte delle banche, ai fini della determinazione del patrimonio di vigilanza. Questo fa sì che il nuovo accordo vada nella direzione di una forma di regolamentazione basata su principi (in Inglese: *principles-based regulation*) piuttosto che su regole formali.

La cornice normativa di Basilea II è basata su tre pilastri:

Pilastro 1: requisiti minimi patrimoniali, che mirano a perfezionare i criteri standardizzati istituiti nell'accordo del 1988;

Pilastro 2: supervisione da parte delle autorità di controllo della adeguatezza patrimoniale degli istituti bancari e dei loro processi interni di valutazione del rischio;

Pilastro 3: sostegno al potere di disciplina dei mercati attraverso il miglioramento della trasparenza e l'incremento delle comunicazioni pubbliche, di natura contabile e non, da parte degli istituti bancari.

La copertura delle categorie di rischio impiegate per il calcolo del requisito minimo patrimoniale vengono estese, rispetto all'accordo del 1988, con l'inclusione di:

- rischio di credito;
- rischio di mercato;
- rischio operativo.

Il nuovo accordo mira inoltre a ottenere un avvicinamento tra il valore del patrimonio di vigilanza (in Inglese: *regulatory capital*),

²¹² Comitato di Basilea per la vigilanza bancaria (2004) *Convergenza internazionale della misurazione del capitale e dei coefficienti patrimoniali. Nuovo schema di regolamentazione*. Giugno 2004, <<http://www.bis.org/publ/bcbs107ita.pdf>>.

calcolato secondo la normativa di Basilea II, e il capitale economico effettivamente impiegato dall'ente finanziario. In linea con tale obiettivo, viene permesso alle banche di calcolare in alcune circostanze i requisiti patrimoniali in base al proprio sistema interno di valutazione del rischio.

Lo scopo di Basilea II è produrre standard che possano essere applicabili sia alle grandi banche internazionali che alle piccole banche nazionali e locali. Dunque, non ci si aspetta che tutte le banche raggiungano lo stesso livello di sofisticazione nei propri metodi interni per arrivare alla stima del patrimonio di vigilanza. La norma prevede quindi che le banche, per la determinazione dei requisiti di capitale, possano scegliere tra un metodo standard, definito formalmente dalla norma, e un metodo avanzato basato sui modelli interni di valutazione del rischio.

Nel metodo standard, il patrimonio di vigilanza della banca è determinato in maniera formale in base agli aggregati contabili presenti nel suo bilancio e alle norme di calcolo standardizzate previste da Basilea II.

Nel metodo avanzato, il patrimonio di vigilanza della banca è determinato secondo i principi di calcolo previsti dalla norma e alle risultanze dei sistemi di valutazione interna del rischio predisposti dalla banca stessa. Le autorità di controllo provvederanno alla revisione periodica dell'affidabilità dei modelli di valutazione del rischio adottati dalla banca, mediante verifiche *ex post*. La banca sarà inoltre soggetta a

sanzioni, in termini di innalzamento del proprio requisito minimo patrimoniale, qualora il proprio sistema di valutazione interno si riveli fallace.

9.4 Determinazione dei requisiti minimi patrimoniali secondo Basilea II

La normativa di Basilea II prevede che per ogni banca il rapporto tra patrimonio di vigilanza e attivo patrimoniale, ponderato per il rischio, non debba scendere al di sotto del coefficiente di solvibilità fissato all'8%.

Il patrimonio di vigilanza è dato dalla somma di due distinte classi di capitale (*tier*):

- il *Tier 1 capital* (anche detto *Core capital* o patrimonio di classe 1) consiste essenzialmente nel capitale azionario e nelle riserve di bilancio provenienti da utili non distribuiti al netto delle imposte;
- il *Tier 2 capital* (anche detto *Supplementary capital* o patrimonio di classe 2) consiste nelle eventuali riserve non a bilancio, nelle riserve di rivalutazione, nei fondi per rischi e oneri generici, negli strumenti finanziari ibridi (ad esempio: azioni privilegiate, debiti subordinati).

Il capitale costituente il *Tier 1* non può essere inferiore a quello costituente il *Tier 2*. Inoltre, per evitare annacquamenti di capitale, gli strumenti finanziari innovativi di partecipazione para-azionaria sono inclusi nel *Tier 1* limitatamente al 15% del loro importo.

L'attivo patrimoniale ponderato per il rischio viene determinato dalla somma di:

- esposizioni creditizie ponderate per il rischio di credito;
- 12,5 volte²¹³ il requisito di capitale dovuto al rischio di mercato;
- 12,5 volte il requisito di capitale dovuto al rischio operativo.

9.4.1 Determinazione delle esposizioni creditizie

La modalità di determinazione delle esposizioni creditizie possono seguire alternativamente, secondo le raccomandazioni di Basilea II, il metodo standard o il metodo di misurazione basato su *ratings* (detto anche metodo IRB o *Internal Rating Based Approach*); questo si divide a sua volta in metodo di base e metodo avanzato.

Il metodo standard ricalca sostanzialmente le modalità previste da Basilea I esposte al capitolo 9.2.

Il metodo basato sui ratings prevede che le banche ripartiscano i crediti presenti nel *banking book* in classi di attività con differenti caratteristiche di rischio sottostante, sulla base delle definizioni previste dalla norma (ad esempio: crediti verso imprese, verso banche, eccetera). Per ciascuna classe di attività compresa nel sistema di rating, la norma prevede l'individuazione di tre elementi fondamentali:

- le componenti di rischio, cioè le stime dei parametri di rischio effettuate dalla banca o derivanti da stime regolamentari;

²¹³ Si noti che 12,5 corrisponde matematicamente all'elemento inverso di 0,08, ovvero all'8% previsto quale coefficiente di solvibilità.

- le funzioni di ponderazione del rischio, cioè il procedimento in base al quale le componenti di rischio vengono trasformate in attività ponderate per il rischio, e quindi in requisiti patrimoniali;
- la verifica dei requisiti minimi che ciascuna classe di attivo deve avere affinché la banca possa applicare i ratings interni.

Per molte classi di attività, la norma consente, per l'applicazione dell'approccio basato sui ratings, la scelta tra il metodo di base o quello avanzato. Il primo prevede, come regola generale, che le banche forniscano le proprie stime di probabilità di inadempienza (*probability of default* o PD) e si basino su stime regolamentari per altre componenti di rischio: perdita in caso di inadempienza (*loss given default* o LGD) ed esposizione in caso di inadempienza (*exposure at default* o EAD). Nel metodo avanzato le banche fanno un più ampio utilizzo di proprie stime di PD, LGD ed EAD, e del proprio calcolo di scadenza effettiva del credito (*maturity* o M), subordinatamente al rispetto di standard minimi. In entrambi i casi, le banche devono poi calcolare i requisiti patrimoniali secondo le funzioni di ponderazione del rischio previste dalle norme di Basilea II.

9.4.2 Requisito di capitale dovuto al rischio di mercato

Le modalità di determinazione del requisito di capitale dovuto al rischio di mercato, secondo le raccomandazioni di Basilea II, sono

contenute nel documento *Amendment to the Capital Accord to incorporate market risk*, presentato nel 2005.²¹⁴ I metodi previsti dalla normativa sono rivolti ai rischi di mercato posti da:

- tassi di interesse (che incidono sul valore delle riserve di banconote e dei titoli obbligazionari detenuti in portafoglio) e relativi contratti derivati quali *interest rate swaps*;
- azioni e relativi contratti derivati;
- tassi di cambio e relativi contratti derivati;
- *commodities* e relativi contratti derivati.

Si noti che i requisiti di capitale legati al rischio di credito derivano sia dal rischio di credito sui mutui concessi direttamente dalla banca che dal rischio di controparte su contratti bilaterali siglati sul mercato *over-the-counter*, anche se registrati nel *trading book*. Al contrario, il rischio di controparte su titoli in portafoglio (anche derivati), per il quale esiste un mercato di negoziazione, viene sempre incluso nel calcolo dei rischi di mercato, indipendentemente dal fatto che i titoli siano registrati nel *banking book* o nel *trading book*.

La banca può calcolare il requisito di capitale, relativo a ciascuna delle sopra citate categorie che costituiscono rischio di mercato, affidandosi alternativamente al metodo standard (ossia secondo i criteri formali previsti dalla norma) o al metodo avanzato, basato sui modelli adottati dalla banca stessa per la valutazione interna del rischio.

214 Basel Committee on Banking Supervision (2005) Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks. Updated November 2005, <<http://www.bis.org/publ/bcbs119.pdf>>.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

I modelli interni di valutazione del rischio devono analizzare i rischi di mercato specifici per ciascuna categoria (tassi di interesse, azioni, tassi di cambio, *commodities*); devono essere basati sulle serie storiche dei dati giornalieri più recenti, con un orizzonte temporale di almeno un anno. La banca deve calcolare giornalmente il proprio *Value-at-Risk* (VaR)²¹⁵ ossia la perdita massima che può subire in un dato periodo di tempo, misurata secondo una data probabilità (detta livello di confidenza); la norma prevede per il calcolo del VaR un orizzonte temporale di 10 giorni e un livello di confidenza del 99%.

Il requisito di capitale dovuto al rischio di mercato è pari al VaR moltiplicato per un fattore compreso tra 3 e 4; il valore del fattore di moltiplicazione dipende dalla robustezza dei metodi di calcolo della banca, stimata attraverso metodologie di *back testing* e *stress testing*.

9.4.3 Requisito di capitale dovuto al rischio operativo

Le modalità di determinazione del requisito di capitale dovuto al rischio operativo possono seguire alternativamente, secondo le raccomandazioni di Basilea II, il metodo standard o il metodo avanzato.

Nel metodo standard il requisito di capitale è dato dall'applicazione di un coefficiente, specificato dalla norma, a determinati flussi contabili che rappresentano l'attività della banca, come esposti nel suo conto economico.

²¹⁵ Per una definizione di *Value-at-Risk* e un approfondimento sulle sue modalità di determinazione, si veda il capitolo 2.2.

Il metodo avanzato prevede l'implementazione di metodi attuariali interni predisposti dalle banche, a patto che queste abbiano una mole sufficiente di dati statistici.²¹⁶ Tra i rischi operativi rientrano i rischi di frode, quelli legali e quelli politici. L'adozione di modelli interni per la determinazione di tale requisito di capitale è soggetta all'approvazione dell'autorità di controllo nazionale.

9.5 Implementazione di Basilea II negli ordinamenti nazionali

L'Accordo di Basilea II, presentato nel 2004, ha come scopo principale fornire ai legislatori nazionali una base completa e qualitativamente elevata per la regolamentazione dei propri sistemi bancari. In linea generale, le banche europee e le rispettive autorità di regolamentazione si sono mostrate favorevoli alla sua introduzione all'interno dell'Unione Europea. Le norme di Basilea II sono state recepite dalle direttive europee sui requisiti di capitale (2006/48/EC e 2006/49/EC del 14 giugno 2006) in vigore in tutta l'Unione dal 1 gennaio 2007; un ulteriore anno di proroga è stato concesso agli istituti di credito che applicano il metodo cosiddetto avanzato.

Negli Stati Uniti, le norme di Basilea II non sono state implementate nella normativa bancaria nazionale. I requisiti patrimoniali per le banche statunitensi derivano principalmente dal recepimento dell'Accordo di Basilea I, risalente al 1988. Come esposto

²¹⁶ Per un approfondimento su tali tipologie di rischio, si veda anche il capitolo 2.2.

nel capitolo 5.3, tali requisiti patrimoniali vengono ulteriormente alleggeriti nel 2004 per le banche di investimento, a seguito del compromesso politico che le ha portate ad avvalersi volontariamente della supervisione della SEC.

L'adozione di Basilea II da parte delle banche degli Stati Uniti avviene attualmente solo su base volontaria. Il suo recepimento nelle normative bancarie statunitensi è infatti fortemente osteggiato dalle banche più piccole. A seguito dello scoppio della crisi bancaria, ogni previsione circa l'introduzione obbligatoria delle norme è sospesa e allo stato attuale non è possibile dire se e quando questo avverrà.

9.6 Limiti di Basilea II

La crisi finanziaria ha mostrato alcuni limiti della regolamentazione prevista dall'Accordo di Basilea II. In particolare, ha mostrato come la diminuzione del rischio per la singola banca può portare all'incremento del rischio di crisi sistemiche che colpiscono l'intero sistema bancario e finanziario.

Un esempio della scarsa attitudine di Basilea II a prevenire crisi sistemiche è data dalla assenza di prescrizioni relative al rischio di liquidità. Come mostrato dalla crisi, una banca pur dotata di un elevato requisito patrimoniale può essere costretta a fallire per la temporanea inabilità a far fronte ai pagamenti per mancanza di liquidità, anche a causa di situazioni di *credit crunch*. L'esempio principale è la banca

inglese Northern Rock, nazionalizzata nel 2008 dal governo britannico, che non ha retto a una corsa agli sportelli da parte dei correntisti nonostante avesse un elevato quoziente di capitale proprio.²¹⁷

Ulteriori limiti di Basilea II consistono nel sistema di valutazione e controllo dei modelli interni di valutazione del rischio adottati dalle banche. La verifica dell'affidabilità di tali modelli viene fatta dall'autorità di controllo attraverso procedure statistiche retrospettive che, in un arco di tempo passato, comparano le perdite effettive con le stime di VaR dichiarate dalla banca. Dunque la scoperta da parte dell'autorità di controllo di un sistema di valutazione palesemente errato può avvenire solo dopo svariati mesi ed eventualmente anni. Poiché le penali previste dal sistema sanzionatorio sono progressive (dunque inizialmente leggere) e vengono comminate *ex post*, può sorgere un azzardo morale consistente nell'adottare un sistema interno di valutazione del rischio più ottimistico, studiato apposta per abbassare il requisito minimo patrimoniale.

Un terzo limite di Basilea II consiste nel sistema di accumulazione del capitale che risulta essere pro-ciclico. L'aumento della rischiosità tipica di una crisi economica o finanziaria implica l'innalzamento del requisito patrimoniale. Tuttavia, risulta difficoltoso per le banche effettuare in tale situazione gli accantonamenti necessari per soddisfare la norma. Tali accantonamenti potrebbero inoltre risultare non desiderabili in uno stato di debolezza dell'economia, in quanto

²¹⁷ Walter S. (2010) *Speech at the 5th Biennial Conference on Risk Management and Supervision*, Bank for International Settlements, Basel, 3-4 November 2010.

Alessandro Fiori, *La crisi dei mutui subprime e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio*. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

tenderebbero a limitare le risorse di liquidità necessarie a famiglie e imprese per riprendersi dallo stato di crisi. Al contrario, in situazioni di forte espansione economica, la conseguente diminuzione del rischio porta all'abbassamento dei requisiti minimi patrimoniali e dunque a un abbassamento delle difese delle banche in caso di eventuale improvvisa flessione dell'economia.

Per ovviare a tali limitazioni, il Comitato di Basilea ha emanato delle proposte di riforma che sono state rese pubbliche nel dicembre 2009 e sono attualmente oggetto di discussione da parte di banche, politici e regolatori. Tali proposte sono generalmente conosciute sotto il nome di Basilea III.

9.7 Basilea III

La gestione e regolamentazione del rischio sistemico nei mercati finanziari può essere considerato come il tema centrale che emerge dalle proposte di regolamentazione note come Basilea III.²¹⁸ L'innovazione più marcata risulta essere la presenza di misure prudenziali a livello microeconomico, cioè rivolte alla singola banca, e a livello macroeconomico, rivolte al sistema bancario nel suo complesso. Ovviamente le misure micro e macro sono strettamente interrelate in

218 Basel Committee on Banking Supervision (2009) *Strengthening the resilience of the banking sector*. Consultative Document, December 2009, <<http://www.bis.org/publ/bcbs164.pdf>>.

Basel Committee on Banking Supervision (2009) *Countercyclical capital buffer proposal*. Consultative Document, December 2009, <<http://www.bis.org/publ/bcbs172.pdf>>.

Basel Committee on Banking Supervision (2009) *International framework for liquidity risk measurement, standards and monitoring*. Consultative Document, December 2009, <<http://www.bis.org/publ/bcbs165.pdf>>.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

quanto una maggiore capacità delle singole istituzioni a tollerare una crisi finanziaria diminuisce il rischio per l'intero sistema.

Le riforme a livello microeconomico previste dalle proposte di riforma sono elencate di seguito:

- innalzamento della qualità del capitale di rischio, evidenziando il maggior peso delle quote normali di capitale proprio (che costituiscono la *tangible equity*) nell'assorbimento di potenziali perdite. Durante una crisi, il capitale tangibile risulta infatti essere una misura trasparente, affidabile e chiara della solidità di una banca.
- Sostanziale incremento dei requisiti di capitale dovuti al rischio di mercato. Le banche dovranno detenere un patrimonio di vigilanza maggiore qualora investano in strumenti a bassa liquidità, sensibili al rischio di credito e con scadenze nel lungo periodo. L'innalzamento dei requisiti di capitale è previsto anche per gli investimenti soggetti al *mark-to-market*.
- Innalzamento dei requisiti di capitale per assorbire le perdite dovute al potenziale ripetersi di una crisi sistemica come quella recente.
- Introduzione di uno standard globale di liquidità, in aggiunta alla regolamentazione dei requisiti minimi patrimoniali. Si richiede alle banche di dotarsi di liquidità sufficiente per sopportare una crisi di liquidità del sistema finanziario della durata di 30 giorni.
- Rafforzamento della supervisione da parte delle autorità di

controllo, che comprende innovativamente le aree di *corporate governance*, propensione al rischio, aggregazione del rischio e *stress testing*. Vengono inoltre estesi gli obblighi di trasparenza per le attività di mercato più complesse.

Le riforme a livello macroeconomico si rivolgono al sistema bancario nel suo complesso e mirano a porre un rimedio ai punti deboli evidenziati dalla crisi. Le proposte sono riassunte nei seguenti punti:

- introduzione di misure di controllo del *leverage*. La crisi ha infatti mostrato che le banche soggette a fallimento o a salvataggio statale sono state quelle che hanno abusato maggiormente del *leverage*. La misura può apparire di livello microeconomico ma in realtà impatta significativamente sulla rischiosità del sistema finanziario nel suo complesso qualora, come avvenuto durante la crisi, vi siano degli strumenti di investimento apparentemente a basso rischio su cui le banche accumulino larghe esposizioni.
- Introduzione di misure contro-cicliche che prevedono l'innalzamento dei requisiti di capitale nelle situazioni di crescita economica, in modo da formare dei cuscinetti di capitale da utilizzare in caso di inversione del ciclo economico. Tra le misure proposte c'è il divieto di distribuire bonus qualora il livello di capitale scenda sotto una determinata soglia. In più, si prevede un sistema di incentivi per limitare l'eccessiva concessione di credito in caso di boom dell'economia. Questo per limitare la formazione di

bolle di credito che generalmente precedono le crisi finanziarie ed economiche più severe e che finiscono per ripercuotersi sul sistema bancario.

- Introduzione di ulteriori requisiti patrimoniali per le banche di importanza sistemica. In tal modo, si diminuiscono le probabilità di un loro default e si crea un meccanismo di incentivi che sfavoriscono l'eccessiva crescita (e dunque la creazione di enti *too-big-to-fail*).

L'introduzione degli standard di Basilea III è prevista in forma graduale da qui al 2018. Il lungo periodo di transizione si rende consigliabile per dare la possibilità alle banche colpite dalla crisi di adeguare alle nuove norme il proprio patrimonio di vigilanza in maniera graduale e senza ricorrere a razionamento del credito che frenerebbe la ripresa economica.

Conclusioni

Nella presente trattazione abbiamo analizzato il tema della gestione e regolamentazione del rischio nel settore finanziario, con un focus sulle banche, alla luce della crisi dei mutui *subprime*.

Nella prima parte del lavoro, abbiamo presentato il quadro storico e teorico di riferimento per la gestione e regolamentazione dei rischi finanziari e assicurativi. Abbiamo inoltre fornito le basi teoriche necessarie per la piena comprensione dei fenomeni di bolla speculativa e di crisi bancaria e finanziaria. Tra gli approcci esaminati, vi è la teoria delle bolle basata sulle martingale (in Inglese: *Martingale Theory of Bubbles*) di cui abbiamo esposto la cornice teorica di riferimento basata sul Teorema fondamentale della Finanza. Per il lettore interessato a un approfondimento, presentiamo in appendice un teorema originale che descrive la creazione di bolle speculative attraverso la valutazione in ipotesi di non arbitraggio.

Abbiamo proseguito la nostra analisi descrivendo i vari approcci alle scelte di investimento in condizioni di incertezza. Si è quindi mostrato come le pratiche di trasferimento del rischio possano essere ostacolate dalla presenza di esternalità (che generano il problema del *free rider* e la *tragedy of the common*) e di asimmetrie informative (che generano azzardo morale, selezione avversa e il problema di agenzia).

Nella seconda parte del lavoro, abbiamo analizzato le crisi finanziarie del passato che presentano aspetti di similarità con la recente crisi dei mutui *subprime*. Ci siamo soffermati sulla crisi del 1929, spiegandone le cause, l'evoluzione e la risposta del regolatore statunitense. Abbiamo presentato le principali teorie economiche che tentano di spiegarne le cause e ci siamo soffermati sulla teoria keynesiana e su quella monetarista. Abbiamo inoltre mostrato i meccanismi di contagio della crisi dal settore finanziario all'economia reale, secondo la teoria di deflazione del debito di Fisher.

Tra le crisi finanziarie recenti, sono state presentate la crisi degli istituti statunitensi noti come *Savings and Loan Associations*, avvenuta tra gli anni '80 e '90, la crisi di Finlandia e Svezia del 1990-1992 e la crisi del Giappone a partire dai primi anni '90. Si tratta di eventi di origine bancaria che condividono numerose cause con la crisi dei mutui *subprime*. Nel caso del Giappone, abbiamo fornito un interessante approfondimento sulle politiche monetarie e fiscali non convenzionali adottate per l'uscita dalla crisi. In seguito, queste cure saranno riprese dai governatori delle banche centrali dei paesi maggiormente colpiti dalla recente crisi finanziaria internazionale.

La terza parte contiene un'analisi approfondita della crisi dei mutui *subprime* e costituisce il nucleo centrale del presente lavoro. La nostra analisi ci ha portato a sostenere che tale crisi abbia avuto origine

nelle politiche di deregolamentazione operate da governi, legislatori e autorità di controllo negli Stati Uniti e, in misura minore, in Europa, che hanno reso a un certo punto il quadro normativo inadatto a reggere la sfida con le continue innovazioni dei mercati finanziari. In particolare, si sono rivelate fallimentari le scelte delle autorità statunitensi di regolamentare le banche d'investimento attraverso un sistema di supervisione volontaria e auto-prodotta (cosiddetta *voluntary self-regulation*) e, contemporaneamente, di concedere loro una diminuzione dei requisiti minimi patrimoniali. Inoltre, il differente livello della regolamentazione tra i vari settori finanziari ha reso possibile, negli Stati Uniti, lo svolgimento in forma indiretta di attività bancarie (quali la raccolta di risparmio e la concessione di mutui ipotecari) mediante l'uso di titoli derivati, sfuggendo alla rete di controlli prevista per le banche commerciali. Tale fenomeno è noto come arbitraggio prudenziale (in Inglese: *regulatory arbitrage*) e ha permesso lo sviluppo, tra il 2000 e i primi del 2007, di un sistema bancario parallelo a quello tradizionale, anche noto come sistema bancario ombra. Questo ha avuto un enorme successo grazie al modello di business detto *originate-to-distribute*, basato sulla concessione di mutui ipotecari e sulla loro trasformazione in titoli derivati attraverso un procedimento di cartolarizzazione. Gli strumenti derivati così emessi (ad esempio, titoli ABS e CDO²¹⁹) venivano garantiti dal rimborso futuro dei mutui e rivenduti agli investitori come titoli a basso rischio.

219 Gli acronimi stanno per *Asset Backed Securities* e *Collateralized Debt Obligations*.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

L'aumento delle disponibilità di credito che ha accompagnato il successo del sistema bancario ombra, ha contribuito alla creazione di una bolla nel mercato immobiliare statunitense, che è scoppiata nel 2007 dando inizio alla crisi.

Nella nostra analisi delle cause della crisi, abbiamo sottolineato l'estrema fragilità del sistema bancario ombra legato ai mutui ipotecari. Il sistema ha avuto successo grazie a fattori contingenti che hanno riguardato l'economia degli Stati Uniti tra il 2000 e i primi del 2007, quali la continua accumulazione di debito privato, la crescita ininterrotta del mercato immobiliare e una politica monetaria accomodante della Federal Reserve.

La nostra analisi ha quindi spiegato, in relazione ai recenti avvenimenti, come non tutti i rischi possano essere valutati e scambiati sul mercato come una semplice *commodity*, senza che questo generi pericolosi comportamenti opportunistici tra gli operatori finanziari dovuti ad azzardo morale e conflitti di interesse. Abbiamo mostrato come la disponibilità di un mercato di trasferimento del rischio di credito e le asimmetrie informative del sistema bancario ombra abbiano favorito la cartolarizzazione di mutui palesemente non remunerativi e la loro distribuzione tra gli ignari investitori, con la conseguente creazione di rischio sistemico.

Si è proposto quindi un approfondimento su due ulteriori fattori di rischio che hanno contribuito alla crisi. Abbiamo mostrato come il

principio contabile del *fair value* abbia permesso di occultare i debiti legati ai titoli cartolarizzati, attraverso la loro rendicontazione fuori bilancio. Abbiamo infine spiegato come il modello matematico della copula gaussiana, fallace ed eccessivamente ottimistico, abbia portato gli investitori a sottostimare le probabilità di default dei titoli cartolarizzati garantiti dai mutui ipotecari; per un approfondimento sul tema, rimandiamo all'appendice. Tali valutazioni oltremodo ottimistiche sono state condivise dalle agenzie di *rating*, che hanno assegnato ai titoli cartolarizzati dei giudizi di qualità creditizia rivelatisi eccessivi.

Passata la disamina delle cause, abbiamo mostrato come la crisi dei mutui *subprime* sia degenerata in un fenomeno più ampio e profondo, che ha colpito a partire dal settembre 2008 l'intero sistema finanziario statunitense ed europeo. Abbiamo collocato il punto di svolta nel fallimento della politica di “ambiguità costruttiva” tenuta dalla Federal Reserve riguardo ai salvataggi degli enti in difficoltà. Questa aveva ingenerato nei mercati l'aspettativa di un salvataggio della banca d'investimento Lehman Brothers, in crisi di liquidità e ritenuta troppo grande per fallire. Quando a metà settembre 2008 Lehman è fallita, si è scatenata tra gli investitori una crisi di panico che ha fatto evaporare la liquidità dei mercati finanziari e causato una improvvisa stretta creditizia (*credit crunch*). Abbiamo quindi descritto il contagio della crisi dei mutui *subprime*, dal sistema bancario ombra ai restanti settori del

sistema finanziario e dell'economia, e ne abbiamo ravvisato le similarità con il modello di deflazione del debito di Fisher.

Infine, abbiamo voluto chiaramente sfatare il mito secondo cui gli economisti non abbiano saputo prevedere la crisi, fornendo una lista di segnalazioni dettagliate della pericolosità del sistema. Citando il caso di Joseph Stiglitz e Raghuram Rajan, abbiamo inoltre proposto una spiegazione del perché tali denunce non abbiano avuto il successo sperato.

Nel prosieguo della nostra trattazione, abbiamo analizzato le risposte delle banche centrali e dei governi alla crisi, negli Stati Uniti e in Europa. Abbiamo quindi mostrato come, esaurita l'efficacia delle misure convenzionali, le banche centrali abbiano fatto ampio ricorso a misure non convenzionali di politica monetaria quali l'azzeramento dei tassi di interesse e l'alleggerimento quantitativo e creditizio.

Le risposte dei governi sono state concordate internazionalmente come mai era successo prima e hanno avuto come primo obiettivo il riportare il sistema finanziario al suo normale funzionamento. Riteniamo che i colloqui tenuti ai summit del G-20 di Washington nel novembre 2008 e di Londra nell'aprile 2009, abbiano ridisegnato i rapporti internazionali tra i paesi coinvolti. Si è avuta la piena conferma delle aspettative sul ruolo della Cina quale nuovo gigante politico ed economico e sul peso crescente di economie in via di sviluppo come India e Brasile.

Le misure governative adottate negli Stati Uniti e in Europa per fronteggiare la crisi sono consistite nella massiccia ricapitalizzazione del sistema finanziario, unite a politiche di *deficit spending* per frenare la contemporanea crisi economica. Il costo per i bilanci statali è stato enorme e ha portato a ripercussioni sulla qualità del debito sovrano dei paesi maggiormente colpiti dalla crisi. Per Stati Uniti e Regno Unito, le preoccupazioni si sono concentrate sulla potenziale svalutazione della moneta, che allevierebbe il peso del debito pubblico e migliorerebbe la bilancia commerciale con l'estero.

Allarmi più gravi sono stati sollevati sulla tenuta dei conti pubblici e sul rischio di potenziale insolvenza di paesi con largo deficit pubblico che fanno parte del sistema della moneta unica europea (quali Grecia, Irlanda, Portogallo e Spagna). Abbiamo argomentato che, per la storica avversione della Germania e della Banca Centrale Europea a politiche monetarie inflattive, appare improbabile la scelta di svalutare l'euro per alleviare il peso dei debiti pubblici dei paesi non virtuosi. Abbiamo quindi spiegato come, nel medio-lungo termine, solo una politica fiscale attenta possa essere una soluzione ai pericoli di default dei paesi membri dell'Euro. Riteniamo dunque probabile che nell'immediato futuro si renda necessaria a tal fine una crescente coordinazione delle politiche fiscali dei paesi membri, per garantire la stabilità e la continuità dell'Unione monetaria europea.

La gestione e regolamentazione del rischio sistemico nei mercati

finanziari può essere considerato come il tema centrale che emerge dall'analisi della crisi finanziaria globale del 2007-2010. Abbiamo voluto dunque concludere la trattazione presentando le proposte di riforma degli Accordi di Basilea sui requisiti minimi patrimoniali delle banche, volte al contenimento del rischio sistemico e note come Basilea III. Tali proposte hanno come punto di partenza la consapevolezza che, nel settore bancario, comportamenti volti alla riduzione del rischio per la singola istituzione possano talora riflettersi in un incremento dei rischi per l'intera collettività. La risposta, secondo il Comitato di Basilea, è un sistema di regolamentazione dei requisiti di capitale delle banche che preveda misure di prevenzione del rischio sia a livello microeconomico che macroeconomico. Abbiamo quindi commentato punto per punto le principali novità previste da Basilea III.

Riteniamo che il sistema di regolamentazione di Basilea III rappresenti un chiaro passo avanti rispetto a Basilea II nel garantire la solvibilità del sistema bancario internazionale. Ne supportiamo quindi l'introduzione nel sistema di regolamentazione europea del settore, seppure con una tempistica estremamente graduale. Innalzare i requisiti patrimoniali delle banche nell'attuale fase di crescita debole, potrebbe infatti deprimere la ripresa economica in Europa. Tale innalzamento andrebbe pertanto effettuato con cautela e tenendo conto dell'esigenza altrettanto importante di garantire sufficiente disponibilità di credito a famiglie e imprese.

Il lettore interessato a un ulteriore approfondimento sulla teoria finanziaria delle bolle speculative può trovare, in appendice, un contributo originale sul tema. Infatti, proponiamo e dimostriamo un nuovo teorema che descrive le modalità di formazione di bolle speculative nei mercati finanziari. Con tale contributo intendiamo mostrare come la valutazione in ipotesi di non arbitraggio, effettuata sulla base del Teorema fondamentale della Finanza, possa favorire la creazione di bolle da parte degli speculatori. Questo può inoltre spiegare meglio il contributo della copula gaussiana nella creazione della bolla speculativa dei titoli cartolarizzati, garantiti da mutui ipotecari.

BIBLIOGRAFIA

Alessandro Fiori, *La crisi dei mutui subprime e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio*.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

BIBLIOGRAFIA

Abel, A.B. (1990) "Consumption and Investment" in Friedman, B., Hahn, F., *Handbook of Monetary Economics*, North Holland, New York.

Abel, A.B., Bernanke, B.S. (2005) *Macroeconomics*, Pearson Addison Wesley.

Abreu, D., Brunnermeier, M. (2003) "Bubbles and crashes". *Econometrica*, Vol. 71, pp. 173–204.

Akerlof, G.A. (1970) "The Market for Lemons: Qualitative Uncertainty and the Market Mechanism", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, pp. 488-500.

Allais, M. (1953) "Le Comportement de l'Homme Rationnel Devant Le Risque: Critique des Postulats et Axiomes de L'Ecole Americaine", *Econometrica* , Vol. 21, No. 4, pp. 503-546.

Allen, F., Gale, D. (2007) *Understanding Financial Crises*, Oxford University Press, New York.

Arrow, K. (1963) "Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care", *American Economic Review*, Vol. 53, No. 5, pp. 941–973.

Arrow, K., Fisher, A.C. (1974) "Environmental Preservation, Uncertainty and Irreversibility", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 88, pp. 312-319.

Ayres, I., Braithwaite, J. (1992) *Responsive Regulation*, Oxford University Press, New York. Chapter 4.

Bachelier, L. (1900) *Théorie de la Spéculation*, Gauthier-Villars, Paris, 1900, <http://archive.numdam.org/ARCHIVE/ASENS/ASENS_1900_3_17/ASENS_1900_3_17_21_0/ASENS_1900_3_17_21_0.pdf>.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Balasko, Y., Cass, D., Shell, K. (1995) "Market participation and sunspot equilibria", *Review of Economic Studies*, Vol. 62, pp. 491-512.

Bank, P., Baum, D. (2004) "Hedging and portfolio optimization in illiquid financial markets with a large trader", *Mathematical Finance*, Vol. 14, pp. 1-18.

Battalio, R., Schultz, P. (2006) "Options and the bubble", *Journal of Finance*, Vol. 59, No. 5, pp. 2017-2102.

Bellman, R.E. (1961) *Adaptive Control Processes*, Princeton University Press, Princeton.

Bernanke, B.S. (2000) *Essays on the great depression*, Princeton University Press, Princeton.

Bernanke, B.S. (2008) *Semiannual Monetary Policy Report to the Congress Before the Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs*, U.S. Senate, 15th July 2008,
<www.federalreserve.gov/newsevents/testimony/bernanke20080715a.htm>.

Bernstein, P. (2002) *Più forti degli dei: la straordinaria storia del rischio*, Il Sole-24 ore, Milano.

Black, F., Scholes, M. (1973) "The pricing of options and corporate liabilities", *Journal of Political Economics*, Vol. 81, pp. 637-654.

Bronzin, V. (1908) *Theorie der Prämiengeschäfte*, in Hafner, W, Zimmermann, H. (2007) "Amazing discovery: Vinzenz Bronzin's Option Pricing Models", *Journal of Banking and Finance*, Vol. 31, No.2, pp. 531-546.

Brunnermeier, M., Nagel, S. (2004) "Hedge funds and the technology bubble", *Journal of Finance*, Vol. 59, No. 5, pp. 2013-2040.

Buffet, W. (2002) "Chairman's letter" in *Berkshire Hathaway Inc. 2002 Annual Report*.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Camerer, C. (1989) “Bubbles and fads in asset prices”, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 3, No. 1, pp. 3-41.

Cass, D., Shell, K. (1983) “Do sunspots matter?” *Journal of Political Economy*, Vol. 91, No. 2, pp. 193-227.

Cecoli, P. (2006) *Il capitalismo*, Demetra, Firenze.

Cessi, R., “Note per la storia delle Società di Commercio nel medio evo in Italia”, *Rivista Italiana per le Scienze Giuridiche*, Vol. 59, 1917, <www.archive.org/details/noteperlastoriad00cess>.

Chan, N., Getmansky, M., Haas, S., Lo, A. (2004) “Systemic Risk and Hedge Funds”, Conference Paper, NBER Conference on the Risks of Financial Institutions, Woodstock, 22–23 October 2004.

Congressional Budget Office (2010) *Report on the Troubled Asset Relief Program – November 2010*, The Congress of the United States, Washington, <<http://www.cbo.gov/ftpdocs/119xx/doc11980/11-29-TARP.pdf>>.

Cox, A.M.G., Hobson, D.G. (2005) “Local martingales, bubbles and option prices”, *Finance and Stochastics*, Vol. 9, No. 4, pp. 477-492.

Cox, J., Ross, S. (1976) “A survey of some new results in financial option pricing theory”, *Journal of Finance*, Vol. 31, No. 2, pp. 383-402.

Cox, J.C., Ross, S.A., Rubinstein, M. (1979) “Option Pricing: A Simplified Approach”, *Journal of Financial Economics*, Vol.7, pp.229-263.

Counterparty Risk Management Policy Group III (2008) “Containing systemic risk: the road to reform”, *The Report of the CRMPG III*, 6th August 2008.

Crouhy, M., Galai, D., Mark, R. (2001) *Risk Management*, McGraw-Hill, New York.

Csörgo, M. (1998) “Random walking around financial mathematics”, in: Révész, P., Tóth., B. (1999) “Random Walks: A Collection of Surveys”, Bolyai Society of Mathematical Studies, Budapest, Vol. 9, pp. 59-111.

Cunando, J., Gil-Alana, L.A., Perez de Gracia, F. (2005) “A test for rational bubbles in the NASDAQ stock index: a fractionally integrated approach”, *Journal of Banking and Finance*, Vol. 29, pp. 2633-2654.

Curry, T., Shibut, L. (2000) “The Cost of the Savings and Loan Crisis: Truth and Consequences”, *FDIC Banking Review*, Vol. 13, No. 2, <www.fdic.gov/bank/analytical/banking/2000dec/brv13n2_2.pdf>.

Cvitanic, J., Schachermayer, W., Wang, H. (2001) “Utility maximization in incomplete markets with random endowment”, *Finance and Stochastics*, Vol. 5, No. 2, pp. 259-272.

Dale, R.S., Johnson, J.E.V., Tang, L. (2005) “Financial markets can go mad: evidence of irrational behaviour during the South Sea Bubble”, *Economic History Review*, Vol. 58, No. 2, pp. 233-271.

Das, S.R., Duffie, D., Kapadia, N., Saita, L. (2007) “Common failings: How corporate defaults are correlated”, *Journal of Finance*, Vol. 62, pp. 93-117.

Das, S.R., Freed, L., Geng, G., Kapadia, N. (2006) “Correlated default risk”, *Journal of Fixed Income*, Vol. 16, No. 2, pp. 7-32.

De Finetti, B. (1930) “Funzione caratteristica di un fenomeno aleatorio”, *Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei*, mem. IV(V), pp. 86-133.

De Finetti, B. (1931) “Sul significato soggettivo della probabilità”, *Fundamenta Mathematicae*, 17, pp. 298-329.

De Finetti, B. (1970) *Teoria della Probabilità*, Einaudi, Torino.

De Finetti, B. (1993) *Probabilità e Induzione*, Clueb, Bologna, <<http://diglib.cib.unibo.it/diglib.php?inv=35>>.

De la Vega, J. (1688) *Confusión de Confusiones*, cit. in: Haug, E.G., Taleb, N.N. (2008) “Why we have never used the Black-Scholes-Merton option pricing formula”, *Wilmott Magazine* 1, pp. 72-79.

De Long, J.B., Shleifer, A. (1991) “The stock market bubble of 1929: evidence from closed-end mutual funds”, *Journal of Economic History*, Vol. 51, No. 3, pp. 675-700.

De Long, J.B., Shleifer, A., Summers, L., Waldmann, R. (1990) “Noise trader risk in financial markets”, *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 4, pp. 703-738.

Delbaen, F., Schachermayer, W. (1994) “A general version of the fundamental theorem of asset pricing”, *Mathematische Annalen*, Vol. 300, pp. 463-520.

Delbaen, F., Schachermayer, W. (1998) “The fundamental theorem of asset pricing for unbounded stochastic processes”, *Mathematische Annalen*, Vol. 312, pp. 215-250.

Demyanyk, Y., Van Hemert, O. (2009) “Understanding the Subprime Mortgage Crisis”, *Review of Financial Studies*, first published online 4th May 2009.

Diether, K., Malloy, C., Scherbina, A. (2002) “Differences of opinion and the cross section of stock returns”, *Journal of Finance* Vol. 52, pp. 2113-2141.

Dixit, A.K., Pindyck (1993) *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton.

Doléans-Dade, C., Meyer, P.A. (1970) “Intégrales stochastiques par rapport aux martingales locales, Séminaire de Probabilités IV”, *Lecture Notes in Mathematics* 124, pp. 77-107.

Donaldson, R.G., Kamstra, M. (1996) “A new dividend forecasting procedure that rejects bubbles in asset price: the case of 1929's stock crash”, *Review of Financial Studies*, Vol. 9, No. 2, pp. 333-383.

Doob, J.L. (1953) *Stochastic Processes*, Wiley, New York.

Eberlein, E., Keller, U. Prause, K. (1998) “New insights into smile, mispricing and value at risk: the hyperbolic model,” *Journal of Business*, Vol. 71, pp. 371-406.

Eisenhardt, K.M. (1989) “Agency Theory: An Assessment and Review”, *The Academy of Management Review*, Vol. 14, No. 1, pp. 57-74.

Ellsberg, D. (1961) “Risk, Ambiguity and Savage Axioms”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 75, No. 4, pp. 643-679.

Fama, E. (1965) “The Behaviour of Stock Prices”, *Journal of Business*, Vol. 38, pp. 34-105.

Fama, E. (1998) “Market Efficiency, Long Term Returns, and Behavioural Finance”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 49, pp. 283-306.

Fama, E., Jensen, M.C. (1983) “Separation of ownership and control”, *Journal of Law and Economics*, Vol. 26, pp. 301-325.

Fisher, I. (1933) “The debt-deflation theory of great depressions”, *Econometrica*, Vol. 1, pp. 337-357.

Froot, K.A., Stein, J.C. (1998) “Risk Management, Capital Budgeting, and Capital Structure Policy for Financial Institutions: An Integrated Approach”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 47, No. 1, pp. 55-82.

Jovanovic, F., Le Gall, P. (2001) "Does God practice a random walk? The financial physics of a 19th Century forerunner, Jules Regnault", *European Journal for the History of Economic Thought*, Vol. 8, pp. 332-362.

Friedman, M., Schwartz, A.J. (1963) *Monetary History of the United States, 1867-1960*, Princeton University Press, Princeton.

Friedman, M., Schwartz, A.J. (1979) *Il dollaro. Storia monetaria degli Usa (1867-1960)*, UTET, Torino.

Galbraith, J.K. (1990) *Storia dell'economia*, Rizzoli, Milano.

Garber, P. (1989) "Tulipmania", *Journal of Political Economy*, Vol. 97, No. 3, pp. 535-560.

Geithner, T.F. (2008) *Reducing Systemic Risk in a Dynamic Financial System*, Remarks at The Economic Club of New York, New York City, 9th June 2008,

<www.ny.frb.org/newsevents/speeches/2008/tfg080609.html>.

Getmansky, M., Lo, A., Mei, S. (2004) "Sifting Through the Wreckage: Lessons from Recent Hedge-Fund Liquidations", *Journal of Investment Management*, Vol. 2, pp. 6-38.

Girlich, H.J. (2002) *Bachelier's predecessors*, Working Paper, Universität Leipzig.

Girsanov, I.V. (1960) "On transforming a certain class of stochastic processes by absolutely continuous substitutions of measures" *Theory of Probability and its Applications*, Vol. 5, pp. 285-301.

Greenspan, A. (1996) *The challenge of central banking in a democratic society*. Speech at the Annual Dinner and Francis Boyer Lecture of The American Enterprise Institute for Public Policy Research, Washington, D.C., 5th December 1996.

Hakenes, H., Schnabel, I. (2010) “Credit risk transfer and bank competition”, *Journal of Financial Intermediation*, Vol. 19, pp. 308-332.

Harrison, J.M., Kreps, D.M. (1979) “Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets”, *Journal of Economic Theory*, Vol. 20, pp. 381-408.

Harrison, J.M., Kreps, D.M. (1978) “Speculative investor behavior in a stock market with heterogeneous expectations”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 92, No. 2, pp. 23-336.

Harrison, J.M., Pliska, S. (1981) “Martingales and stochastic integrals in the theory of continuous trading”, *Stochastic Processes and their Applications*, Vol. 11, pp. 215-260.

Haug, E.G., Taleb, N.N. (2008) “Why we have never used the Black-Scholes-Merton option pricing formula”, *Wilmott Magazine* 1,72-79.

Hellwig, M. (2009) "Systemic Risk in the Financial Sector: An Analysis of the Subprime-Mortgage Financial Crisis", *De Economist*, Springer, Vol. 157, No. 2, pp. 129-207.

Heston, S., Loewenstein, M., Willard, G.A. (2007) “Options and bubbles”, *Review of Financial Studies*, Vol. 20, No. 2, pp. 359-390.

Higgins, L.R. (1902) *The put-and-call*, Wilson, London,
<www.archive.org/stream/putandcall00higggooog#page/n7/mode/1up>.

Hong, H., Scheinkman, J., Xiong, W. (2008) “Advisors and asset prices: A model of the origins of bubbles”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 89, pp. 268–287.

Itô, K. (1942) “On stochastic processes (Infinitely divisible laws of probability)”, *Japanese Journal of Mathematics*, Vol. 18, pp. 261-301.

Itô, K. (1942) “Stochastic Integral”, *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, 20, pp. 519-524.

Itô, K. (1951) “On a formula concerning stochastic differentials”, *Nagoya Mathematical Journal*, 3, pp. 55-65.

Ivry, B. (2009) “Reed Says ‘I’m Sorry’ for Role in Creating Citigroup”, *Bloomberg news*, 6th November 2009.

Jacod, J., Protter, P. (2010) “Risk neutral compatibility with option prices”, *Finance and Stochastics*, Vol. 14, No. 2, pp. 285-315.

Jarrow, R. (1992) “Market manipulation, bubbles, corners and short squeezes”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, September, pp. 311-336.

Jarrow, R.A., Protter, P. (2010) *The Martingale Theory of Bubbles: Implications for the Valuation of Derivatives and Detecting Bubbles*, working paper, Johnson School Research Paper, Cornell University.

Jarrow, R.A., Protter, P., Shimbo, K. (2010) “Asset price bubbles in incomplete markets”, *Mathematical Finance*, Vol. 20, No. 2, pp. 145-185.

Jonung, L., Kiander, J., Vartia, P. (2008) *The Great Financial Crisis in Finland and Sweden - The dynamics of boom, bust and recovery, 1985-2000*. European Commission Economic Papers, n. 350.

Jorgenson, D. (1963) “Capital Theory and Investment Behaviour”, *American Economic Review*, Vol. 53, pp. 247-259.

Jorion, P. (1997) *Value at Risk: The new benchmark for controlling market risk*, Irwin Professional Publishing, Chicago.

Kahneman, D., Lovallo, D. (1993) “Timid choices and bold forecasts: A cognitive perspective on risk taking”, *Management Science*, Vol. 39, No. 1, pp. 17-31.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Kahneman, D., Tversky, A. (1974) “Judgement under uncertainty: Heuristics and Biases”, *Science*, Vol. 185, pp. 1124-1131.

Kahneman, D., Tversky, A. (1981) “Rational choice and the framing of decision”, *Science*, Vol. 211, pp. 453-458.

Kamara, A., Miller, T. (1995) “Daily and Intradaily tests of european put call parity”, *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 30, No. 4, pp. 519-539.

Kaufman, G.G., Scott, K.E. (2003) “What is Systemic Risk, and Do Bank Regulators Retard or Contribute to It?” *The Independent Review*, VIII(3), pp. 371-391.

Keynes, J.M. (1936) *The General Theory of Employment, Interest and Money*, Macmillan, London. [In Italiano in: Keynes, J.M. (2006) *Teoria generale dell'occupazione, dell'interesse e della moneta*, UTET, Torino.]

Knight, F.H. (1921) *Risk, Uncertainty, and Profit*, Houghton Mifflin Company, Boston.

Kolmogorov, A.N. (1931) “Über die analytischen Methoden in der Wahrscheinlichkeitsrechnung”, *Mathematische Annalen* 104, pp. 415-458.

Kose, M.A., Prasad, E., Rogoff, K., Wei, S.J. (2006) *Financial Globalization: A Reappraisal*, IMF Working Paper, WP/06/189.

Kreps, D. (1981) “Arbitrage and equilibrium in economies with infinitely many commodities”, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 8, No. 1, pp. 15-35.

Krugman, P. (2008) *The Return of Depression Economics and the Crisis of 2008*, Penguin Books, London.

Lamont, O., Thaler, R. (2003) “Can the market add and subtract? Mispricing in tech stock carve-outs”, *J. Polit. Economy*, Vol. 111, 227-268.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Laplace, P.S. (1774) "Mémoire sur la Probabilité des Causes par les Événements." *Mémoires de Mathématique et de Physique Présentés à l'Académie Royale des Sciences, Par Divers Savans, & Lûs dans ses Assemblées*, Vol. 6, pp. 621-656.

Lévy, P. (1948) *Processus stochastiques et mouvement brownien*, Gauthiers-Villars, Paris.

Li, D.X. (2000), "On Default Correlation: A Copula Function Approach", *Journal of Fixed Income*, Vol. 9, pp. 43-54.

Loewenstein, M., Willard, G.A. (2000) "Local martingales, arbitrage and viability: free snacks and cheap thrills", *Economic Theory*, Vol. 16, pp. 135-161.

Loewenstein, M., Willard, G.A. (2000) "Rational equilibrium asset-pricing bubbles in continuous trading models", *Journal of Economic Theory*, Vol. 91, No. 1, pp. 17-58.

Malkiel, B.G.(2003) *A Random Walk Down Wall Street*, Norton, New York.

Mankiw, G. (2009) It May Be Time for the Fed to Go Negative, *The New York Times*, 19th April 2009.

Markowitz, H.M. (1952) "Portfolio Selection", *Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, pp. 77-91.

Markowitz, H.M. (1959) *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, John Wiley & Sons, New York.

McKean, H.P. (1969) *Stochastic integrals*, Academic Press, New York.

Merton, R.C. (1973) "Theory of rational option pricing", *Bell Journal of Economics*, Vol. 4, No. 1, pp. 141-183.

Meyer, P.A. (1962) “A decomposition theorem for supermartingales”, *Illinois Journal of Mathematics*, Vol. 6, pp. 193-205.

Meyer, P.A. (1963) Decomposition of supermartingales: the uniqueness theorem, *Illinois Journal of Mathematics*, Vol. 7, pp. 1-17.

Morris, S., Shin, H.S. (2004) “Liquidity Black Holes”, *Review of Finance*, Vol. 8, pp. 1-18.

Nelson, S.A. (1904) *The A B C of Options and Arbitrage*, Nelson, New York, <www.archive.org/details/abcofoptionsarbi00nelsoft>.

Nickell, S.J. (1978) *The Investment Decisions of Firms*, Cambridge University Press, New York.

Novikov, A.A. (1972) “On an identity for stochastic integrals”, *Theory of Probability and its Applications*, Vol. 17, Issue 4, pp. 717-720.

O'Connell, S., Zeldes, S. (1988) “Rational ponzi games”, *International Economic Review*, Vol. 29, No. 3, 431-450.

Ofek E., Richardson, M. (2003) “Dotcom mania: the rise and fall of internet stock prices”, *Journal of Finance*, Vol. 58, No. 3, pp. 1113-1137.

Pastor, L., Veronesi, P. (2006) “Was there a Nasdaq bubble in the late 1990s?”, *Journal of Financial Economics*, Vol. 81, pp. 61-100.

Poisson, S.D. (1873) *Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et en matière civile : précédées des règles générales du calcul des probabilités*, Bachelier, Paris.

Protter, P. (1990) *Stochastic integration and differential equations: a new approach*, Springer-Verlag, Berlin.

Rajan, R.G. (2005) “Has financial development made the world riskier?” *Proceedings, Federal Reserve Bank of Kansas City*, Aug, pp. 313-369.

Ramsey, F.P. (1931) "Truth and Probability" in Ramsey F.P., (edited by) Braithwaite, R.B. (2000) *Foundations of Mathematics and other Logical Essays*, Routledge, London, pp. 156-198.

Rappoport, P., White E. (1993) "Was there a bubble in the 1929 stock market?", *Journal of Economic History*, Vol. 53, No. 3, pp. 549-574.

Regnault, J. (1863) *Calcul des Chances et Philosophie de la Bourse*, Librairie Castel, Paris, <www.archive.org/details/calculdeschances00regn>.

Revuz, D., Yor, M. (1991) *Continuous martingales and Brownian motion*, Springer-Verlag, Berlin.

Salmon, F. (2009) "Recipe for Disaster: The Formula That Killed Wall Street", *Wired Magazine*, 23rd February 2009, <www.wired.com/techbiz/it/magazine/1703/wp_quantcurrentPage=all>.

Samuelson, P. (1965) "Rational Theory of Warrant Pricing", *Industrial Management Review*, Vol. 6, pp. 13-39.

Samuelson, P. (1965) Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuates Randomly, *Industrial Management Review*, Vol. 6, pp. 41-49.

Santos, M., Woodford, M. (1997) "Rational asset pricing bubbles, *Econometrica*, Vol. 65, No. 1, pp. 19-57.

Savage, L.J. (1954) *The Foundations of Statistics*, John Wiley, New York.

Scheinkman, J., Xiong, W. (2003) "Overconfidence and speculative bubbles", *Journal of Political Economy*, Vol. 111, No. 6, pp. 1183-1219.

Scheinkman, J., Xiong, W. (2004) *Heterogeneous Beliefs, Speculation and Trading in Financial Markets*, working paper, Princeton University.

Schweizer, M., Wissel, J. (2008) "Term structures of implied volatilities: Absence of arbitrage and existence results", *Mathematical*

Finance, Vol. 18, No. 1, pp. 77–114.

Schwarcz, S.L. (2008) “Systemic Risk”, *Georgetown Law Journal*, Vol. 97, Issue 1.

Sharpe, W.F. (1964) "Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk", *Journal of Finance*, Vol. 19, No. 3, pp. 425-442.

Shiller, R.J. (2005) *Irrational Exuberance*, Princeton University Press.

Shirakawa, M. (2009) “Unconventional monetary policy – central banks: facing the challenges and learning the lessons”. Remarks at the Conference co-hosted by the People's Bank of China and the Bank for International Settlements (Shanghai, 8th August 2009). BIS Review, 97.

Shleifer, A., Vishny, R. (1997) “Limits of arbitrage”, *Journal of Finance*, Vol. 52, pp. 35–55.

Soros, G. (2008) *The New Paradigm for Financial Markets: The Credit Crisis of 2008 and What it Means*, Public Affairs, 2008.

Stevenson, R.W. (1999) Outspoken chief economist leaving World Bank, *New York Times*, 25th November 1999.

Stigler, S.M. (1986), *The History of Statistics: the measurement of uncertainty before 1900*, The Belknap Press of Harvard University Press, Harvard.

Stratonovich, R.L. (1966) “A New Representation for Stochastic Integrals and Equations”, *SIAM Journal on Control*, Vol. 4, pp. 362-371.

Summers, L.H., Greenspan, A., Levitt, A., Rainer, W.J. (1999) *Over-the-Counter Derivatives Markets and the Commodity Exchange Act*. Report of the President’s Working Group on Financial Markets , 9th November 1999.

Froot, K.A., Thaler, R.H. (1990) “Anomalies: Foreign Exchange”, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 3, pp. 179-192.

Tirole, J. (1982) “On the possibility of speculation under rational expectations”, *Econometrica*, Vol. 50, No. 5, pp. 1163-1182.

Tirole, J. (1985) “Asset bubbles and overlapping generations”, *Econometrica*, Vol. 53, No. 5, pp. 1071-1100.

Tobin, J. (1958) "Liquidity preference as behavior towards risk", *Review of Economic Studies*, Vol. 25, No. 2, pp. 65-86.

Tobin, J. (1969) “A General Equilibrium Approach to Monetary Theory”, *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 1, pp. 15-29.

United States General Accounting Office (2004) *Securities and Exchange Commission: Alternative Net Capital Requirements for Broker-Dealers That Are Part of Consolidated Supervised Entities*, 25th June 2004, <<http://www.gao.gov/decisions/majrule/d04896r.pdf>>.

Ville, J. (1939) Étude critique de la notion de collectif, Gauthiers-Villars, Paris (Monographies des probabilités: calcul des probabilités et ses applications, 3).

Von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944) *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton.

Wade, R.H. (2002) “US hegemony and the World Bank: the fight over people and ideas”. *Review of international political economy*, Vol. 9, No. 2, pp. 215-243.

Weil, P. (1990) “On the possibility of price decreasing bubbles”, *Econometrica*, Vol. 58, No. 6, pp. 1467-1474.

White, E. (1990) “The stock market boom and crash of 1929 revisited”, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 2, pp. 67-83.

APPENDICE

The Arbitrage-Free Valuation Paradox

Alessandro Fiori*

Dipartimento di Economia, Impresa e Regolamentazione,
Università di Sassari,
Via Torre Tonda n. 34 - 07100 Sassari, Italy
alex.fiori.maccioni@gmail.com

Abstract. We propose and demonstrate the following theorem. An informationally efficient market for a contingent claim with competitive rational investors, which admits bubbles according to the fundamental theorem of asset pricing, will exhibit almost surely abnormal price adjustments towards the fundamentals (e.g. market crashes). Such abrupt movements have an endogenous explanation and will happen systematically. They can be followed by temporary zero trade volume and the lack of a market-clearing price. Technically, the market presents a price process which is càdlàg with jump discontinuity.

The argument can be viewed as a paradox, i.e. a true statement that defies intuition, because it contradicts wide-held conjectures of efficient market theory and behavioral finance.

In this paper, we demonstrate the theorem and advocate its importance in asset pricing theory. Our main focus is the role of arbitrage-free valuation in generating exceedingly sudden price movements.

In the light of our results, we propose a solution to the Grossman-Stiglitz paradox on the value of information. Finally, we provide an application of our results to explain the boom and burst of the collateralized debt obligations (CDOs) market in 2001-2009.

Keywords. Informationally efficient market, rational investor, fundamental theorem of asset pricing, risk neutral valuation, arbitrage, probability measure, equivalent martingale measure, martingale theory of bubbles, Grossman-Stiglitz paradox, collateralized debt obligations, CDOs, subprime mortgage crisis.

M.S.C. 2010 classification. 60A, 60G, 60H, 62C, 91B, 91G.

J.E.L. classification. Primary: C73, C78, G11, G12, G13. Secondary: G01, G14, D03.

* I wish to thank Prof. Marco Vannini for mentoring me during the research. I am also greatly indebted to Dr Andrea Pinna and Dr Claudio Detotto for precious comments on seminal stages of the research. This work is part of a joint research program sponsored by the Department of Economics of the University of Sassari and the *Regione Autonoma della Sardegna* under the regional law n. 7/2007. I also gratefully acknowledge the support to research provided by the Doctoral School in Law and Economics of the University of Sassari.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

1 Introduction

The present study addresses the role of arbitrage-free valuation in generating abrupt price movements, e.g. market crashes. Our hypothesis is that arbitrage-free (i.e. risk neutral) valuation can improve market instability and lead to abnormal price adjustments. We intend to demonstrate the assumption in an informationally efficient market with rational investors. Then, we extend our results in the cases of asymmetric information and irrational behaviors, so to confirm our hypothesis in the case of ‘imperfect’ markets.

We test the model according to main findings in classical literature. Furthermore, we propose a solution to the Grossman-Stiglitz paradox on the impossibility of informationally efficient markets. We summarize our main findings in the following theorem.

Theorem (arbitrage-free valuation paradox). *An informationally efficient market for a contingent claim with competitive rational investors, which admits bubbles according to the fundamental theorem of asset pricing, will have a price process which is càdlàg¹ with jump discontinuity; moreover, abnormal price adjustments towards the fundamentals will happen almost surely.*

The jumps implied by the theorem consist in abrupt price movements that have an endogenous explanation and will happen systematically. They can be followed by temporary zero trade volume and the lack of a market-clearing price. They are ‘abnormal’ in its probabilistic meaning, as they push the frequencies of price movements away from normal distribution. More specifically, the theorem implies that the distribution of price movements does not follow a random walk in the tails.

This conclusion contradicts the conjecture that, in an informationally efficient market with rational investors, prices should always follow a random walk. Thus, it implies that violations to the random walk hypothesis do not necessarily affect the existence of an efficient market. In the light of our results, a higher than normal frequency of extreme events like sudden market crashes (e.g. the Black Monday in 1987) or temporary lacks of market-clearing price (e.g. during the CDOs market crisis) can be explained from the perspective of efficient markets.

We intend to demonstrate the theorem in a market that admits bubbles according to the fundamental theorem of asset pricing. We define therefore a competitive economy of pure exchange with uncertainty. We consider a single consumption good, which acts as numéraire. Agents are interested in certain consumption at present time and in state contingent consumption on future dates. There is an underlying asset, composed by the sequence of realizations $x_t(\omega)$ of the stochastic process X_t ; a realization $x_t(\omega)$ represents the contingent consumption gained or lost at date t by the owner of the underlying asset if

¹ A càdlàg function (acronym of the French *continue à droite, limitée à gauche*) is a right continuous function with left limits. It is uniformly continuous on intervals of continuity and has only jump discontinuities on its domain.

the state is ω . Tradable assets consist in the underlying asset and the set of its derivatives. The market is incomplete so that price bubbles might come into existence, according to the second part of the fundamental theorem of asset pricing.

Agents can follow two alternative strategies of ‘fundamental’ trading or ‘technical’ trading. Roughly speaking, the fundamental trader follows a strategy of maximizing gains from accrued contingent consumption; the technical trader follows a strategy of maximizing gains from trades. We show that in a market where all agents are fundamental traders, the equilibrium price is bounded. The entrance of technical traders in the market leads the equilibrium price to follow a *locally unbounded* Brownian motion. Thus, there exists a positive probability that, when technical traders enter in the market, the equilibrium price may exit from the boundaries that exist when only fundamental traders operate. Once the price exits from the boundaries, the market bears the risk of an abrupt price adjustment towards the fundamentals. In a sufficiently long period of time, the price adjustment will happen almost surely.

The paper starts with a brief exposition of the theoretical foundation of the theorem (sect. 2) and the mathematical formalization of the economic environment (sect. 3). Readers familiar with the fundamental theorem of asset pricing may skip this part, except for sects. 3.3 and 3.5 which define, respectively, the trading system and the agents. The paper follows with the definition of the model and the demonstration of the theorem (sect. 4). In the light of our results, we then propose a solution to the Grossman-Stiglitz paradox on the value of information (sect. 5) and an explication to the boom and burst of the CDOs market between 2001-2009 (sect. 6). Finally, conclusions are drawn (sect. 7).

2 Theoretical Foundation

The theorem that we propose comes from what is known as the *fundamental theorem of asset valuation*, which is at the basis of the theory of ‘pricing by arbitrage’. The fundamental theorem states that the absence of free lunch in a frictionless market is equivalent to the existence of an equivalent martingale probability measure, under which all assets have the same expected return.

The fundamental theorem of asset valuation originates in the Arrow-Debreu model in [7]. Black, Scholes and Merton provide the foundations of the arbitrage pricing theory in modern finance in their celebrated, although controversial², contributions on option valuation, [4] and [30]. Cox and Ross in [6] introduce the concept of risk neutral valuation and argue that in a market with no arbitrage opportunities, it is possible to reassign probabilities to give all assets the same expected returns. Harrison and Kreps in [18], Kreps in [28] and Harrison and Pliska in [19] give a rigorous foundation to the fundamental theorem of

² The Black-Scholes-Merton option pricing model is generally considered inaccurate, because of both volatility ‘smile’ effects and the prevalent belief that price processes have ‘heavy tails’ (e.g. Eberlein *et al.* in [11]). Criticism on the originality of the contributions is expressed by Haug and Taleb in [21].

asset valuation. They used Itô calculus to define the concept of no-arbitrage, referred to risk-neutral probabilities as the ‘equivalent martingale measure’, and demonstrated the theorem for trading strategies that are simple integrands³.

A general description of the no-arbitrage condition is that, at any time $t \geq 0$, there should be no trading strategy ϕ_t for the price process X_t such that the final payoff described by the stochastic integral $\int_0^\infty \phi_t dX_t$ is a non negative function, strictly positive with positive probability.

Delbaen and Schachermayer in [9] and [10] provide a general version of the fundamental theorem of asset pricing for trading strategies that are general integrands. They declined the no-arbitrage condition under the fundamental concept of ‘no free lunch with vanishing risk’; they showed that such condition is fulfilled if and only if there exists an equivalent probability measure under which the price process is a sigma martingale or, in the continuous case, a local martingale.⁴ New insights come from the martingale theory of bubbles, proposed by Protter *et al.* in [24] and [25].

3 The Economic Environment

3.1 Basic Definitions

Let us consider a competitive economy of pure exchange with uncertainty. We are given a set of trading dates $t \in [0, T]$ where t are the instants of time at which market participants can trade. There is a single consumption good, which acts as numéraire.

Agents are interested in certain consumption at present time and in state contingent consumption on future dates. Future consumption is represented by functions of the underlying asset $\tilde{\mathbf{x}}_t$: this is the vector composed by the sequence of realizations $x_t(\omega)$ of the stochastic process X_t . The realization $x_t(\omega)$ represents the contingent consumption gained or lost at date t by the owner of the underlying asset $\tilde{\mathbf{x}}_t$ if the state is ω . The underlying asset and its possible derivative functions form the convex⁵ set \mathbf{x}_t^{set} , which represents the family of tradable vectors \mathbf{x}_t that can be created and exchanged at date t . In other words, \mathbf{x}_t^{set} represents the securities traded in the market at any given date t .

At each trading date t agents can exchange any vector of future contingent consumption $\mathbf{x}_t \in \mathbf{x}_t^{set}$ with units of certain present consumption r_t . Thus, we consider consumption bundles of the form (r_t, \mathbf{x}_t) where the real number r_t

³ For the definition of simple integrand, see section 3.4.

⁴ Please note that in the continuous case all sigma martingales are local martingales and, as a consequence of the Bichteler-Dellacherie theorem, both of them are also semimartingales.

⁵ A set is convex if it contains any convex combination of its elements. Formally: $\forall \mathbf{x}'_t, \mathbf{x}''_t \in \mathbf{x}_t^{set}, \forall \lambda \in [0, 1], \lambda \mathbf{x}'_t + (1 - \lambda) \mathbf{x}''_t \in \mathbf{x}_t^{set}$.

represents the units of certain consumption at the present date t and the vector \mathbf{x}_t represents the units of state contingent consumptions over the interval $(t, T]$.⁶

3.2 Probability Assumptions

Let $(X_t)_{t \in [0, T]}$ be an adapted càdlàg stochastic process on the probability space $(\Omega, \mathbf{F}, \mathbb{P})$, where:

- the universal sample space Ω is the set of all possible elementary outcomes $\omega \in \Omega$;
- the filtration \mathbf{F} is the set of the σ -algebras⁷ $\mathbf{F} = \{\mathcal{F}_t\}_{t \in [0, T]}$, where \mathcal{F}_t represents the information available at any time t ;
- the probability measure \mathbb{P} is the set of probability measures $\mathbb{P} = \{\mathcal{P}_t\}_{t \in [0, T]}$, where \mathcal{P}_t is the probability measure of X_t at a given date t according to the available information \mathcal{F}_t .

At a given date t , the stochastic process $(X_t)_{t \in [0, T]}$ is denoted with X_t defined over the underlying probability space $(\Omega, \mathcal{F}_t, \mathcal{P}_t)$.

We recall a few additional details from the general theory of stochastic calculus. We can interpret \mathcal{F}_t as the questions that agents can answer at time t regarding past and present states of the world. The information becomes more and more precise (i.e. the set of measurable events increase) as new events from the present becomes known.⁸ For the purpose of the model, we assume that the information is continuously⁹ and completely available to each individual. However, in sects. 4.6 and 5, we relax this assumption and we also demonstrate the proposed theorem under the hypothesis of asymmetric information.

We can interpret \mathbb{P} as the general *prior* probability measure of $(X_t)_{t \in [0, T]}$. Each \mathcal{P}_t is a *posterior* probability measure with respect to \mathbb{P} . Hence, \mathcal{P}_t can be estimated from \mathbb{P} according to Bayes' law and given the available information \mathcal{F}_t . Please note that, for $t < \hat{t}$, the measure \mathcal{P}_t is also a *prior* with respect to $\mathcal{P}_{\hat{t}}$. The underlying probability space, as defined, fulfills the *usual hypotheses* of the general theory of financial asset pricing.

⁶ Then, the set of conceivable consumption bundles at each date t is bounded and equal to the Cartesian product $[-R_t, R_t] \times \mathbf{x}_t^{set}$, where R_t is the total amount of certain present consumption available at that date in the economy.

⁷ A σ -algebra of measurable events is a complete set of events (i.e. combinations of elementary outcomes ω) to whom we can assign a probability.

⁸ Indeed, it results: $\mathcal{F}_0 = \{\emptyset, \Omega\}$, i.e. the initial information is the P -null set; $\mathcal{F}_s \subset \mathcal{F}_t$ for any $s < t$; and $\mathcal{F}_T = \mathcal{F}$, i.e. the information at time T is complete. Note that it also results $\mathcal{F}_t \in \mathcal{F}$ for each t .

⁹ Accordingly, we assume that the filtration is right continuous: $\bigcap_{s > t} \mathcal{F}_s \equiv \mathcal{F}_{t+} = \mathcal{F}_t$.

3.3 Trading System

We assume¹⁰ that individuals have electronic accounts, yielding neither interest nor cost, where they deposit the numéraire. Exchanges happen within an electronic trading system. Agents can submit orders to the electronic system, which immediately searches for matching orders; in case they exist, the system executes the trade and remits the numéraire in the accounts. To be more precise, it remits immediately the payment to the seller and, from then onwards, it pays or subtracts the contingent consumption (as it accrues) to the buyer.

The accounts present a limited line of credit, which agents can use to make short sales or to cover losses. Agents go bankrupt and must exit from the market if their accounts pass the maximum negative balance.

Trading orders can be of two types. The first is the *limited* order by which agents express either: the *maximum* amount of certain present consumption $Bid(\mathbf{x}_t)$ that they are willing to pay for buying a given vector of future contingent consumption \mathbf{x}_t ; or the *minimum* amount of certain present consumption $Ask(\mathbf{x}_t)$ that they are willing to receive for selling a given vector of future contingent consumption \mathbf{x}_t .

The second type is the *market* order by which agents express their will to buy or sell a given vector of future contingent consumption \mathbf{x}_t at *any* price, as long as it is the market-clearing price $Equil(\mathbf{x}_t)$. For market-clearing price we mean the price at which the electronic trading system maximizes the quantities exchanged. We will also refer to it as ‘equilibrium price’.

It can be possible, because of limited orders, that different prices maximize the quantities exchanged; then, we assume that the electronic trading system selects among them the equilibrium price $Equil(\mathbf{x}_t)$, according to an arbitrarily chosen function $f : Ask(\mathbf{x}_t) \times Bid(\mathbf{x}_t) \rightarrow \mathbb{R}$.¹¹ The choice of the function can be arbitrary because it is irrelevant for the demonstration of the proposed theorem. For example, the electronic trading system may select, among prices that maximize quantities exchanged, the one that better interpolates reservation prices of demand and supply.

According to the dematerialized nature of the trading system, the market-clearing price is *not fully revealing* of the agents’ preferences. Indeed, agents cannot observe who put a specific order.

3.4 Trading strategies

We allow for trading strategies that are *simple* integrands. A simple integrand is a linear combination of *simple predictable* integrands. A simple predictable integrand is a linear combination of buy and hold strategies. Mathematically, the trading strategy ϕ is a simple predictable integrand if it results $\phi = f \mathbf{1}_{(t, \hat{t}]}$,

¹⁰ The trading environment described in the following can be considered equivalent to a Walrasian auction with limited short sales and the availability of a riskless security, which yields no interest and can be exchanged with the numéraire.

¹¹ For a rigorous definition, see formulae 22 and 44. For a further description, see section 4.4.

where $t < \hat{t}$ are finite stopping times and f is \mathcal{F}_t measurable; the interpretation is: buy $f(\omega)$ units of financial asset at time $t(\omega)$, keep them until time $\hat{t}(\omega)$ and then sell.

The restriction of trading strategies to simple integrands is made with no loss of relevance for improving the clarity of exposition. Indeed, prominent literature¹² has shown that, for trading strategies that are *general* integrands, lower bound on wealth preclude arbitrage opportunities quite generally.¹³

3.5 Market Participants

We define rationality in strictly axiomatic form, according to Kolmogorov in [26], von Neumann and Morgenstern in [37] and Savage in [33]. Furthermore, we assume that all the individuals operating in the market are rational.

We denote the set of conceivable agents with \mathbf{A} . The i -th agent is characterized at each date t by an initial endowment $(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i)$ and a preference relation \succsim_i over the space of consumption bundles (r_t, \mathbf{x}_t) . Preferences depend on the subjective degree of risk aversion and are assumed to be complete, transitive, convex, continuous, strictly increasing and independent¹⁴. Following these properties, the agent is able to express the preferences towards consumption bundles via an additive von Neumann-Morgenstern utility function $u_i : (r_t, \mathbf{x}_t) \rightarrow \mathbb{R}$.

Agents aim only at maximizing their expected utility, and choose the strategies that they repute best performing. There are two possible alternative strategies, which distinguish two types of investors: the *fundamental* traders and the *technical* traders. The choice between the strategies depend on the personal belief of obtaining a higher expected utility through a better prediction of, alternatively, the future contingent consumption or the future price movements.

Fundamental traders gamble on being better than the market in evaluating tradable vectors (and their uncertain production of future consumption). For each vector, they estimate the reservation prices for both buying and selling; then, they place a set of limited orders¹⁵ in the trading system and wait until market prices pass such thresholds. They tend to trade seldom and wait for the contingent consumption to accrue.

Technical traders gamble on being better and quicker than the market in predicting price movements. They wait until an arbitrage-free (also: risk-neutral) probability measure is inferable from market prices. Then, whenever new information is available, they buy or sell vectors as quick as they can according to their

¹² See for example: Heath and Jarrow [22].

¹³ An example of general integrand is the ‘doubling strategy’: it has positive expected gain but wealth does go arbitrarily negative with strictly positive probability. Thus, it would not generate a free lunch under our framework.

¹⁴ The *postulate of independence* states that the preferences conditional to the verification of an event should be independent from their preferences conditional to the verification of another disjoint event. The postulate has a strong logical rationale. However, behavioral studies show that people facing real choices tend to frequently violate it.

¹⁵ For the definition of limited order, see section 3.3.

belief on the impact on market prices. They tend to trade continuously without waiting for the contingent consumption to accrue, and operate exclusively via market orders¹⁶. Their continuous action drives the equilibrium price to follow (locally) a Brownian motion. Technical traders take advantage of the signaling role of prices generated by fundamental traders; hence, they cannot always operate: the necessary prerequisite is the possibility of arbitrage-free valuation.

Although each agent can both buy and sell, to improve the clarity of presentation, we prefer to consider each fundamental trader as two different individuals, one that exclusively buy, $b \in \mathbf{B}$, and the other that exclusively sell, $s \in \mathbf{S}$. Then, the set of conceivable agents $\mathbf{A} : \{\mathbf{B}, \mathbf{S}, \mathbf{M}\}$ is formally composed, with no loss of generality, by the distinct subgroups of fundamental traders, buyers \mathbf{B} and sellers \mathbf{S} , and by the technical traders \mathbf{M} .

We assume that agents have perfect and continuous knowledge of past and current events in \mathbf{F} , including market prices and endowments, and that such knowledge is common.¹⁷ However, in sects. 4.6 and 5, we relax this assumption and we also demonstrate the proposed theorem under the hypothesis of asymmetric information.

4 The Model

4.1 Basic definitions

Definition 1 (expected utility). *The expected utility of a given consumption bundle (r_t, \mathbf{x}_t) for the i -th agent is the function:*

$$U_i(r_t, \mathbf{x}_t) = E [u_i(r_t, \mathbf{x}_t)] = \int_{\Omega} u_i(r_t, \mathbf{x}_t(\omega)) \mathcal{P}_t d\omega, \quad \forall i \in \mathbf{A}. \quad (1)$$

where $\mathcal{P}_t \in \mathbb{P}$ is the probability measure given the information \mathcal{F}_t .

Lemma 1 (preference between consumption bundles). *Let $(\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t)$ and $(\ddot{r}_t, \ddot{\mathbf{x}}_t)$ be two different consumption bundles. The i -th agent strictly prefers the first bundle to the second if and only if:*

$$(\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t) \succ_i (\ddot{r}_t, \ddot{\mathbf{x}}_t) \iff U_i(\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t) > U_i(\ddot{r}_t, \ddot{\mathbf{x}}_t), \quad \forall i \in \mathbf{A}. \quad (2)$$

The i -th agent is indifferent between the two consumption bundles if and only if:

$$(\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t) \sim_i (\ddot{r}_t, \ddot{\mathbf{x}}_t) \iff U_i(\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t) = U_i(\ddot{r}_t, \ddot{\mathbf{x}}_t), \quad \forall i \in \mathbf{A}. \quad (3)$$

¹⁶ For the definition of market order, see section 3.3.

¹⁷ The knowledge of an event is common if any agent knows: the event; that all the others know the event; that all the others know that he/she knows the event.

4.2 Market with only fundamental traders

Proposition 1 (seller's strategy). *A seller $s_i \in \mathbf{S}$ with endowment $(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i)$ at date t will be willing to receive for a given vector of future contingent consumption \mathbf{x}_t no less than the reservation price $Ask_i(\mathbf{x}_t)$, such that:*

$$U_i(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t) = U_i(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i), \\ E[\mathbf{x}_t] > 0, Ask_i(\mathbf{x}_t) > 0, \forall s_i \in \mathbf{S}. \quad (4)$$

Proof. According to rationality axioms, preferences are strictly increasing:

$$(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i) \succ_i (\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t), \quad E[\mathbf{x}_t] > 0, \forall s_i \in \mathbf{S}. \quad (5)$$

For the property of continuity in preference relations, no consequence is infinitely better or infinitely worse than any other. Thus, if we add a positive amount of certain current consumption ϵ to the right-hand side of the relation, there exists one and only one value of ϵ such that the i -th agent is indifferent between the two consumption bundles:

$$\exists \epsilon > 0 \implies (\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i) \sim_i (\hat{r}_t^i + \epsilon, \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t). \quad (6)$$

Let us denote $\epsilon = Ask_i(\mathbf{x}_t)$. Then:

$$\exists \epsilon > 0 \implies (\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i) \sim_i (\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t), \quad (7)$$

which, according to lemma 1, is equivalent to proposition 1:

$$U_i(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i) = U_i(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t). \quad (8)$$

□

Proposition 2 (buyer's strategy). *A buyer $b_j \in \mathbf{B}$ with endowment $(\hat{r}_t^j, \hat{\mathbf{x}}_t^j)$ at date t will be willing to pay for a given vector of future contingent consumption \mathbf{x}_t no more than the reservation price $Bid_j(\mathbf{x}_t)$, such that:*

$$U_j(\hat{r}_t^j - Bid_j(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^j + \mathbf{x}_t) = U_j(\hat{r}_t^j, \hat{\mathbf{x}}_t^j), \\ E[\mathbf{x}_t] > 0, Bid_j(\mathbf{x}_t) > 0, \forall b_j \in \mathbf{B}. \quad (9)$$

Proof. The proof of proposition 2 logically follows from that of proposition 1.

□

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

Corollary 1. *The seller s_i will strictly prefer any price higher than $Ask_i(\mathbf{x}_t)$:*

$$U_i(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t) + \epsilon, \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t) > U_i(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t),$$

$$E[\mathbf{x}_t] > 0, Ask_i(\mathbf{x}_t) > 0, \epsilon > 0, \forall s_i \in \mathbf{S}. \quad (10)$$

Proof. According to rationality axioms, preference relations are continuous and strictly increasing:

$$(\hat{r}_t + \epsilon, \hat{\mathbf{x}}_t) \succ_i (\hat{r}_t, \hat{\mathbf{x}}_t), \quad \epsilon > 0, \forall s_i \in \mathbf{S}. \quad (11)$$

Let us denote $\dot{r}_t = \hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t)$, and $\dot{\mathbf{x}}_t = \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t$. Then:

$$(\dot{r}_t + \epsilon, \dot{\mathbf{x}}_t) \succ_i (\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t), \quad (12)$$

which, according to lemma 1, is equivalent to corollary 1:

$$U_i(\dot{r}_t + \epsilon, \dot{\mathbf{x}}_t) > U_i(\dot{r}_t, \dot{\mathbf{x}}_t). \quad (13)$$

□

Corollary 2. *The buyer b_j will strictly prefer any price lower than $Bid_j(\mathbf{x}_t)$:*

$$U_j(\hat{r}_t^j - Bid_j(\mathbf{x}_t) + \epsilon, \hat{\mathbf{x}}_t^j + \mathbf{x}_t) > U_j(\hat{r}_t^j - Bid_j(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^j + \mathbf{x}_t),$$

$$E[\mathbf{x}_t] > 0, Bid_j(\mathbf{x}_t) > 0, \epsilon > 0, \forall b_j \in \mathbf{B}. \quad (14)$$

Proof. The proof of corollary 2 logically follows from that of corollary 1.

□

Corollary 3. *The exchange of a vector \mathbf{x}_t between a seller $s_i \in \mathbf{S}$ and a buyer $b_j \in \mathbf{B}$ can happen only at a price bounded between the reservation prices of the seller, $Ask_i(\mathbf{x}_t)$, and of the buyer, $Bid_j(\mathbf{x}_t)$:*

$$\exists Equil(\mathbf{x}_t) \Rightarrow Ask_i(\mathbf{x}_t) \leq Equil(\mathbf{x}_t) \leq Bid_j(\mathbf{x}_t), \quad \exists s_i \in \mathbf{S}, \exists b_j \in \mathbf{B}. \quad (15)$$

Proof. A necessary condition for the exchange is that both seller and buyer prefer to their initial endowment the consumption bundle resulting from the trade:

$$\exists Equil(\mathbf{x}_t) \Rightarrow \begin{cases} (\hat{r}_t^i + Equil(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t) \succsim_i (\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i), & \exists s_i \in \mathbf{S} \\ (\hat{r}_t^j - Equil(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^j + \mathbf{x}_t) \succsim_j (\hat{r}_t^j, \hat{\mathbf{x}}_t^j), & \exists b_j \in \mathbf{B}. \end{cases} \quad (16)$$

From propositions 1 and 2, the condition is equivalent to the corollary:

$$\exists Equil(\mathbf{x}_t) \implies \begin{cases} Equil(\mathbf{x}_t) \geq Ask_i(\mathbf{x}_t), & \exists s_i \in \mathbf{S} \\ Equil(\mathbf{x}_t) \leq Bid_j(\mathbf{x}_t), & \exists b_j \in \mathbf{B}. \end{cases} \quad (17)$$

□

Proposition 3 (boundedness of price processes). *In a market with only fundamental traders, the market-clearing price of a given vector \mathbf{x}_t assumes its value in the closed interval between the minimum reservation price among the sellers and the maximum reservation price among the buyers, and exists if and only such interval exists.*

$$\begin{aligned} \exists Equil(\mathbf{x}_t) &\iff \min Ask_S(\mathbf{x}_t) \leq Equil(\mathbf{x}_t) \leq \max Bid_B(\mathbf{x}_t), \\ Ask_S(\mathbf{x}_t) &: \{Ask_i(\mathbf{x}_t), \forall s_i \in \mathbf{S}\}, \quad Bid_B(\mathbf{x}_t) : \{Bid_j(\mathbf{x}_t), \forall b_j \in \mathbf{B}\}. \end{aligned} \quad (18)$$

Proof. We demonstrate *per absurdum* that the existence of the interval is a necessary condition for the existence of the equilibrium price. It results:

$$Equil(\mathbf{x}_t) < \min Ask_S(\mathbf{x}_t) \implies Equil(\mathbf{x}_t) \geq Ask_i(\mathbf{x}_t), \quad \nexists s_i \in \mathbf{S}, \quad (19)$$

and:

$$Equil(\mathbf{x}_t) > \max Bid_B(\mathbf{x}_t) \implies Equil(\mathbf{x}_t) \leq Bid_j(\mathbf{x}_t), \quad \nexists b_j \in \mathbf{B}, \quad (20)$$

which violate, respectively, the first and the second conditions in formula 17. Thus, the condition is necessary. The condition is also sufficient because, by condition in sect. 3.3, it results:

$$\begin{aligned} \exists f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) &\rightarrow Equil(\mathbf{x}_t) \in \mathbb{R}, \\ inf Ask_S(\mathbf{x}_t) &\leq sup Bid_B(\mathbf{x}_t). \end{aligned} \quad (21)$$

□

Corollary 4. *In a market with only fundamental traders, the price process of each tradable vector \mathbf{x}_t is bounded.*

$$f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \rightarrow Equil(\mathbf{x}_t) \in [\min Ask_S(\mathbf{x}_t), \max Bid_B(\mathbf{x}_t)] \subset \mathbb{R},$$

$$\forall \mathbf{x}_t \in \mathbf{x}_t^{set}, \quad \min[Ask_S(\mathbf{x}_t)] \leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_t)]. \quad (22)$$

Proof. We demonstrate the proposition *per absurdum*. Let us assume that:

$$\exists Equil(\mathbf{x}_t) \notin [\min Ask_S(\mathbf{x}_t), \max Bid_B(\mathbf{x}_t)]. \quad (23)$$

. Then, at least one of the following must be true:

$$Equil(\mathbf{x}_t) \geq Ask_i(\mathbf{x}_t), \quad \nexists i \in \mathbf{S}. \quad (24)$$

$$Equil(\mathbf{x}_t) \leq Bid_j(\mathbf{x}_t), \quad \nexists j \in \mathbf{B}. \quad (25)$$

$$\mathbf{x}_t \notin \mathbf{x}_t^{set}. \quad (26)$$

The first and the second propositions cannot be true because violate, respectively, the first and the second conditions in formula 17; the latter cannot be true by definition. □

Definition 2. *We define the space of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t as the set:*

$$\mathbf{E}_t := \left\{ (r_t, \mathbf{x}_t) \in [\min Ask_S(\mathbf{x}_t), \max Bid_B(\mathbf{x}_t)] \times \mathbf{x}_t^{set} \right\} \quad (27)$$

Any element within the space of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t denote a price r_t for the asset \mathbf{x}_t , at which at least one seller and one buyer (both fundamental traders) find convenient to make the exchange. The set \mathbf{E}_t can also be considered as the (closed) codomain of the function $Equil(\mathbf{x}_t^{set})$.

Let us define an arbitrage opportunity as a trading strategy that does not require the investment of current consumption, has a positive probability of gaining additional consumption and cannot lead to consumption losses. Then, the following proposition holds.

Proposition 4. *In a market with only fundamental traders, there are no arbitrage opportunities.*

Proof. By assumption, the risk free interest rate in the market is zero. Then, in order to have an arbitrage opportunity, there must exists: a security that has more than one price in the market, or some replicating portfolios with identical cash flows and different market-clearing prices. Let us demonstrate *per absurdum* that this is not possible. We assume that:

$$\exists \mathbf{x}_t, \mathbf{x}'_t \in \mathbf{x}_t^{set} : Equil(\mathbf{x}_t) \neq Equil(\mathbf{x}'_t) \wedge \mathbf{x}_t = \mathbf{x}'_t. \quad (28)$$

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

According to (22), it results:

$$f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \rightarrow Equil(\mathbf{x}_t) \neq f : Ask_S(\mathbf{x}'_t) \times Bid_B(\mathbf{x}'_t) \rightarrow Equil(\mathbf{x}'_t) \quad (29)$$

which for $Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) = Ask_S(\mathbf{x}'_t) \times Bid_B(\mathbf{x}'_t)$ is clearly false.

The proof for replicating portfolios ϕ_t and ϕ'_t with identical cash flows, logically follows from the preceding, given that for the transitivity in preferences, it must result:

$$\phi_t \approx \phi'_t, \forall i \in \mathbf{A} \Leftrightarrow f : Ask_S(\phi_t) \times Bid_B(\phi_t) = f : Ask_S(\phi'_t) \times Bid_B(\phi'_t). \quad (30)$$

□

Remark 1. Please note that, according to the fundamental theorem of asset pricing and under some topological conditions, the proposition 4 can be equivalent to the existence of an equivalent martingale measure \mathcal{Q}_t , under which the price processes of all securities become a martingale. In a market with only fundamental traders, these conditions are:

- existing market-clearing prices of securities are unique;
- existing market-clearing prices of replicating portfolios have equal value;
- agents' have a lower bound on wealth;¹⁸
- admissible trading strategies are simple integrands;¹⁹
- the price process of each asset \mathbf{x}_t is bounded.²⁰

In a market with these features, the absence of arbitrage and free lunch opportunities has been demonstrated by vast literature.²¹ We will explore the full implications of the existence of \mathcal{Q}_t in the following section.

4.3 Market with fundamental and technical traders

In this section we demonstrate that, under a single subjective assumption, there exists an arbitrage-free probability measure that permits the risk-neutral valuation of all securities in the market.²² The possibility of arbitrage-free valuation leads technical traders to enter in the market. To improve clarity of exposition and with no loss of generality, we assume in the following that Brownian motion is 1-dimensional.

Lemma 2 (technical traders' assumption). *Let B_t be a 1-dimensional Brownian motion with respect to \mathcal{P}_t , and H_s an adapted càdlàg process. The price*

¹⁸ See section 3.3.

¹⁹ See section 3.4.

²⁰ See section 4.

²¹ See for example: Kreps [28], Harrison and Pliska [19], Heath and Jarrow [22], and Delbaen [8].

²² The demonstrations require the knowledge of tools of stochastic calculus and martingale theory, that we resume in the appendix.

process of the security \mathbf{x}_t can be approximated with the semimartingale Z_t on $(\Omega, \mathcal{F}_t, \mathcal{P}_t)$ such that:

$$\text{Equil}(\mathbf{x}_t) \approx Z_t = B_t + \int_0^t H_s ds, \quad (31)$$

with $B_t \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{P}_t) := \{\text{all continuous local martingales with respect to } \mathcal{P}_t\}$, and $\int_0^t H_s ds \in FV := \{\text{all stochastic processes with finite variation}\}$.

Agents who believe in the preceding assumptions, can evaluate the security \mathbf{x}_t via the sophisticated methods of martingale theory and stochastic calculus. The belief is not generally valid over time: the individual continuously verifies its subsistence according to newly available information \mathcal{F}_t , by means of Bayes' law.

Proposition 5 (existence of an equivalent martingale measure). *Let the price process Z_t be a semimartingale of 1-dimensional Brownian motion under the measure \mathcal{P}_t . Then, there exists a probability measure \mathcal{Q}_t , equivalent²³ to \mathcal{P}_t , such that Z_t can be represented as a continuous local martingale under \mathcal{Q}_t .*

$$\exists \mathcal{Q}_t \sim \mathcal{P}_t : Z_t = B_t + \int_0^t H_s ds \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{Q}_t), \quad (32)$$

with $B_t \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{P}_t)$ and $\int_0^t H_s ds \in FV$.

Proof. Let be $\mathcal{Q}_t = \mathcal{E}(L)_t \cdot \mathcal{P}_t$, and let $\mathcal{E}(L)_t$ be the Radon-Nikodym derivative defined as:

$$\mathcal{E}(L)_t = \exp \left\{ L_t - \frac{1}{2} \langle L \rangle_t \right\}, \quad (33)$$

and:

$$L_t = - \int_0^t H_s dB_s. \quad (34)$$

It results $E_{\mathcal{P}}[\mathcal{E}(L)_t] \equiv 1$. Moreover, $\mathcal{E}(L)_t$ is a martingale, because it fulfills the sufficient Novikov condition:

$$E \left[\exp \left\{ \frac{1}{2} \langle L \rangle_t \right\} \right] < \infty, \quad \forall t. \quad (35)$$

According to the Girsanov theorem, it results:

$$B_t^{\mathcal{Q}} = B_t - \langle B, L \rangle_t \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{Q}_t), \quad (36)$$

with:

$$- \langle B, L \rangle_t = \left\langle B, \int_0^t H_s dB_s \right\rangle_t = \int_0^t H_s d \langle B \rangle_s = \int_0^t H_s ds. \quad (37)$$

Then, it results:

$$- \langle B, L \rangle_t = \int_0^t H_s ds \iff B_t^{\mathcal{Q}} = Z_t \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{Q}_t). \quad (38)$$

²³ The probability measures \mathcal{P} and \mathcal{Q} are equivalent if, for any event A in the sample space, it results: $\mathcal{Q} \sim \mathcal{P} \Rightarrow \mathcal{P}(A) > 0 \Leftrightarrow \mathcal{Q}(A) > 0, \forall A \in \mathcal{F}_{\infty}$.

□

From the preceding proof, it follows that $(Z_t)_{t \in [0, T]}$ is square integrable:

$$\langle Z \rangle_t = \langle B \rangle_t = t < \infty \implies (Z_t) \in \mathcal{L}^2. \quad (39)$$

Furthermore, according to Lévy theorem, it results that $(Z_t)_{t \in [0, T]}$ is a Brownian motion with respect to \mathcal{Q}_t :

$$\begin{aligned} (Z_t)_{t \in [0, T]} \in \mathcal{M}_{loc}^c, \quad \langle Z \rangle_t = t, \quad \forall t \in [0, T] \quad \mathcal{Q} - \text{almost surely} &\implies \\ \implies (Z_t)_{t \in [0, T]} \text{ is Brownian motion with respect to } \mathcal{Q}_t. &\quad (40) \end{aligned}$$

A function is of unbounded total variation if its quadratic variation is strictly positive. Then, an immediate consequence of the Lévy theorem for Z_t is the following:

Corollary 5. *For any $t \in (0, T]$, the paths of the stochastic process Z_t are of unbounded total variation with respect to \mathcal{Q}_t .*

According to propositions 4 and 5, the existence of a market-clearing price at date zero leads to the existence of a risk-neutral probability measure \mathcal{Q}_t . This permits the entrance of technical traders in the market.

Definition 3 (technical trader's strategy). *A technical trader $m_i \in \mathbf{M}$ with endowment $(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i)$, who believes at date t that $Equil(\mathbf{x}_t) \approx Z_t$, will be willing to buy the security \mathbf{x}_t if:*

$$\begin{aligned} Bid_{m_i}(\mathbf{x}_{t+dt}) = E_{\mathcal{P}_t}[Z_{t+dt}] > E_{\mathcal{Q}}[Z_{t+dt}] = Z_t &\implies \\ \implies (\hat{r}_t^i - Z_t, \hat{\mathbf{x}}_t^i + \mathbf{x}_t) \succ_i (\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i). &\quad (41) \end{aligned}$$

The technical trader $m_i \in \mathbf{M}$ will be willing to sell the security \mathbf{x}_t if:

$$\begin{aligned} Ask_{m_i}(\mathbf{x}_{t+dt}) = E_{\mathcal{P}_t}[Z_{t+dt}] < E_{\mathcal{Q}}[Z_{t+dt}] = Z_t &\implies \\ \implies (\hat{r}_t^i + Z_t, \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t) \succ_i (\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i). &\quad (42) \end{aligned}$$

According to equations (41) and (42), it results that:

$$E_{\mathcal{P}_t}[Z_{t+dt}] = Ask_{m_i}(\mathbf{x}_{t+dt}) = Bid_{m_i}(\mathbf{x}_{t+dt}), \quad (43)$$

where $Ask_{m_i}(\mathbf{x}_{t+dt})$ determined according to proposition 1, and $Bid_{m_i}(\mathbf{x}_{t+dt})$ determined according to proposition 2. The subjective utility function $u_i(r_t, \mathbf{x}_{t+dt})$ can then explain differences in future price expectations among technical traders, and vice versa.

We can now provide a more complete definition of the price function of a generic security $\mathbf{x}_t \in \mathbf{x}_t^{set}$.

Definition 4 (price function with fundamental and technical traders). In a market with fundamental and technical traders, the market-clearing price of a security \mathbf{x}_t is a function of the reservation prices of buyers and sellers and of the price expectations of technical traders.

$$\begin{aligned}
f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] &\longrightarrow Equil(\mathbf{x}_t) \in \mathbb{R}, \\
Ask_S(\mathbf{x}_t) &:= \{Ask_i(\mathbf{x}_t), \forall s_i \in \mathbf{S}\}, \\
Bid_B(\mathbf{x}_t) &:= \{Bid_j(\mathbf{x}_t), \forall b_j \in \mathbf{B}\}, \\
E_M[Z_{t+dt}] &:= \{E_{\mathcal{P}_h}[Z_{t+dt}], \forall m_h \in \mathbf{M}\}, \\
\min[Ask_S(\mathbf{x}_t)] &\leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_t)] \vee E_M[Z_{t+dt}] \neq \emptyset. \tag{44}
\end{aligned}$$

A consequence of proposition 5 and corollary 5 is that the market price function is no longer unbounded if technical traders are operating. This leads to the following proposition.

Proposition 6. In a market with fundamental and technical traders, the price of the security \mathbf{x}_t can assume a value outside the set of Pareto-efficient bargains of fundamental traders.

$$\exists m_i \in \mathbf{M} : m_i \text{ believes } Equil(\mathbf{x}_t) \approx Z_t \quad \Rightarrow \quad P[Equil(\mathbf{x}_t) \notin \mathbf{E}_t] > 0. \tag{45}$$

Proof. Let us suppose that the clearing-market price for a security \mathbf{x}_t exists at date t and is equal to the highest reservation price among buyers that are fundamental traders, $\max Bid_B(\mathbf{x}_t)$. All sellers and at least one buyer among fundamental traders are then operating; also, all technical traders who believe that the price follows a martingale are operating.

Let us now suppose that at time t the number of technical traders for which:

$$Equil(\tilde{\mathbf{x}}_t) \approx Z_t, \quad E_{\mathcal{P}_i}[Z_{t+dt}] > E_Q[Z_{t+dt}], \quad m_i \in \mathbf{M}, \tag{46}$$

exceeds the number of technical traders for which:

$$Equil(\tilde{\mathbf{x}}_t) \approx Z_t, \quad E_{\mathcal{P}_i}[Z_{t+dt}] < E_Q[Z_{t+dt}], \quad m_i \in \mathbf{M}. \tag{47}$$

This means that the number of technical traders who are willing to buy the security \mathbf{x}_t at the market-clearing price, exceeds the number of technical traders who are willing to sell it. Thus, for the law of demand and supply, the market-clearing price raises; it then exceeds $\max Bid_B(\mathbf{x}_t)$ and exits from the space of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t . At the new price, no buyer that is fundamental trader is operating. The price will increase until technical traders who are willing to buy exceeds those who are willing to sell, and it will decrease vice versa.

□

4.4 Market conditions

According to the definition of the price function with fundamental and technical traders in 44, we can distinguish and quantitatively define the following market conditions:

- *non speculative market*: it happens when, at a given date t , only fundamental traders are operating. The market-clearing price of a security \mathbf{x}_t belongs to the set of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t and tends to be endogenously stable. The price function becomes:

$$f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \rightarrow Equil(\mathbf{x}_t) = Equil^{pri}(\mathbf{x}_t) \in \mathbf{E}_t,$$

$$\min[Ask_S(\mathbf{x}_t)] \leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_t)], \quad E_M[Z_{t+dt}] = \emptyset. \quad (48)$$

- *normal market*: it happens when, at a given date t , both fundamental and technical traders are operating in the market and the market-clearing price of a security \mathbf{x}_t belongs to the set of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t . Because of technical traders, the price tends to follow a martingale with no endogenous jump discontinuity. The price function results:

$$f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] \longrightarrow Equil(\mathbf{x}_t) \in \mathbf{E}_t,$$

$$\min[Ask_S(\mathbf{x}_t)] \leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_t)], \quad E_M[Z_{t+dt}] \neq \emptyset. \quad (49)$$

- *market bubble*: it happens when, at a given date t , the market-clearing price of a security \mathbf{x}_t exceeds the highest reservation price among buyers that are fundamental traders, $\max Bid_B(\mathbf{x}_t)$; thus, it is outside the set of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t . Only technical traders and sellers that are fundamental traders are operating in the market. The price tends to follow a local martingale with endogenous jump discontinuity. The price function becomes:

$$f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] \longrightarrow Equil(\mathbf{x}_t) = Equil^{bub}(\mathbf{x}_t) \notin \mathbf{E}_t,$$

$$Equil^{bub}(\mathbf{x}_t) > \max Bid_B(\mathbf{x}_t), \quad E_M[Z_{t+dt}] \neq \emptyset. \quad (50)$$

- *market depression*: it happens when, at a given date t , the market-clearing price of a security \mathbf{x}_t is below the lowest reservation price among sellers that are fundamental traders, $\min Ask_S(\mathbf{x}_t)$; thus, it is outside the set of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t . Only technical traders and buyers that are fundamental traders are operating in the market. The price tends to follow a local martingale with endogenous jump discontinuity. The price function becomes:

$$f : Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] \longrightarrow Equil(\mathbf{x}_t) = Equil^{dep}(\mathbf{x}_t) \notin \mathbf{E}_t,$$

$$Equil^{dep}(\mathbf{x}_t) < \min Ask_S(\mathbf{x}_t), \quad E_M[Z_{t+dt}] \neq \emptyset. \quad (51)$$

4.5 The arbitrage-free valuation paradox

Proposition 7. *If all technical traders stop operating in a market which is under bubble conditions or under depression conditions, the market-clearing price of the security \mathbf{x}_t will have a jump discontinuity. The new price will assume a value inside the set of Pareto-efficient bargains of fundamental traders.*

Proof. We first prove the proposition under market bubble conditions. Let us suppose that at date t the market-clearing price of the security \mathbf{x}_t is outside the space of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t and exceeds the highest reservation price among buyers that are fundamental traders, $\max Bid_B(\mathbf{x}_t)$. Thus, the market is experiencing a bubble.

Let us suppose that, while the market is still under bubble conditions, at some date $\tilde{t} > t$ all technical traders stop operating. The left and right limits of the price function in the neighborhood of \tilde{t} result:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^-} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] &\longrightarrow Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) = \\ &= \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^-} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] \longrightarrow Equil^{bub}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) \notin \mathbf{E}_{\tilde{t}^-}, \\ Equil^{bub}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) &> \max Bid_B(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}), \quad E_M[Z_{\tilde{t}^++dt}] \neq \emptyset. \end{aligned} \quad (52)$$

and:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^+} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] &\longrightarrow Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}) = \\ &= \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^+} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \longrightarrow Equil^{pri}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}) \in \mathbf{E}_{\tilde{t}^+}, \\ \min[Ask_S(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+})] &\leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+})], \quad E_M[Z_{\tilde{t}^++dt}] = \emptyset. \end{aligned} \quad (53)$$

Then, the price function has a jump discontinuity at date \tilde{t} as it results:

$$Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) \neq Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}). \quad (54)$$

The jump consists in a negative price shock:

$$Equil^{bub}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) > Equil^{pri}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}). \quad (55)$$

The proposition is proved under market bubble conditions. We prove it now under market depression. Let us suppose that at date t the market-clearing price of the security \mathbf{x}_t is outside the space of Pareto-efficient bargains \mathbf{E}_t and is below the lowest reservation price among sellers that are fundamental traders, $\min Ask_S(\mathbf{x}_t)$. Thus, the market is experiencing a depression.

Let us suppose that, while the market is still under depression conditions, at some date $\tilde{t} > t$ all technical traders stop operating. The left and right limits of the price function in the neighborhood of \tilde{t} result:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^-} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] &\longrightarrow Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) = \\ &= \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^-} f : Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] \longrightarrow Equil^{dep}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) \notin \mathbf{E}_{\tilde{t}^-}, \\ Equil^{dep}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) &< \min Ask_S(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}), E_M[Z_{\tilde{t}^++dt}] \neq \emptyset. \end{aligned} \quad (56)$$

and:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^+} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \times E_M[Z_{t+dt}] &\longrightarrow Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}) = \\ &= \lim_{t \rightarrow \tilde{t}^+} f : Ask_S(\mathbf{x}_t) \times Bid_B(\mathbf{x}_t) \longrightarrow Equil^{pri}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}) \in \mathbf{E}_{\tilde{t}^+}, \\ \min[Ask_S(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+})] &\leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+})], E_M[Z_{\tilde{t}^++dt}] = \emptyset. \end{aligned} \quad (57)$$

Then, the price function has a jump discontinuity at date \tilde{t} as it results:

$$Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) \neq Equil(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}). \quad (58)$$

The jump consists in a positive price shock:

$$Equil^{dep}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^-}) < Equil^{pri}(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+}). \quad (59)$$

□

The necessary condition for the existence of a market-clearing price in a market with only fundamental traders, is that:

$$\min[Ask_S(\mathbf{x}_t)] \leq \max[Bid_B(\mathbf{x}_t)]. \quad (60)$$

Then, an immediate consequence of proposition 7 is that, if the jump discontinuity happens while it results:

$$\min[Ask_S(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+})] > \max[Bid_B(\mathbf{x}_{\tilde{t}^+})], \quad (61)$$

the market will experience zero trade volume and the temporary lack of a market-clearing price until the necessary condition is fulfilled.

Remark 2. A technical trader can stop operating in the market because of the following reasons:

- revision of the belief that $Equil(\mathbf{x}_t) \approx Z_t$, according to Bayes' law in the light of new available information \mathcal{F}_t ;

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

- revision of the belief that technical trading strategy maximizes the agent's expected utility, according to Bayes' law in the light of new available information \mathcal{F}_t ;
- bankruptcy induced by accrued losses that forces the trader to exit from the market.

Fundamental traders can change their (subjectively-held) reservation prices because of revision of their subjective probability measure \mathcal{P}_t^i , according to Bayes' law in the light of new available information \mathcal{F}_t .

Finally, from the previous proposition, we can obtain the main theorem.

Theorem 1 (arbitrage-free valuation paradox). *An informationally efficient market for a contingent claim with competitive rational investors, which admits bubbles according to the fundamental theorem of asset pricing, will have a price process which is càdlàg with jump discontinuity; moreover, abnormal price adjustments towards the fundamentals will happen almost surely.*

Proof. The demonstration of the theorem logically follows from the demonstration of proposition 7, given that the price function is by definition càdlàg in its domain.

□

4.6 The theorem under asymmetric information

We intend to demonstrate that the presence of asymmetric information among market participants confirms the arbitrage-free valuation paradox.

Proposition 8. *The arbitrage-free valuation paradox still holds in the presence of asymmetric information.*

Proof. Let X_t be a stochastic process on the measurable space (Ω, \mathcal{F}_t) representing the instant return produced by an asset \mathbf{x}_t at date $t \in [0, T]$. Its realization $x_t(\omega)$ represents the contingent consumption gained or lost at date t by the owner of the asset \mathbf{x}_t if the state is $\omega \in \Omega$. It results:

$$\mathbf{x}_t = X_t + \mathbf{x}_{t+dt} \quad (62)$$

Let us now assume that:

$$X_t = \theta_t + \epsilon_t, \quad (63)$$

where θ_t is an observable random variable, and ϵ_t is an unobservable random variable. Then, we can interpret θ_t as a measurement of X_t with error ϵ_t .²⁴ We assume that all agents have access to public information \mathcal{F}_t , and that some of them have also access to private information in θ_t .

²⁴ More formally, both X_t and θ_t are measurable functions that map the measurable space (Ω, \mathcal{F}_t) into the set of real numbers \mathbb{R} , and whose mappings differ by ϵ_t .

We denote with \mathbf{S}_{inf} the set of sellers, among fundamental traders, that can observe θ_t , and with \mathbf{S}_{inf}^c its complement in \mathbf{S} . Then, the set of reservation prices of sellers that are fundamental traders becomes:

$$Ask_S(\mathbf{x}_t) = \left\{ Ask_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t), Ask_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t) \mid \forall s_i \in \mathbf{S}_{inf}, \forall s_j \in \mathbf{S}_{inf}^c \right\}, \quad (64)$$

where the reservation price $Ask_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t)$ is based both on public and private information, and the reservation price $Ask_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t)$ is based only on public information.

We denote with \mathbf{B}_{inf} the set of buyers, among fundamental traders, that can observe θ_t , and with \mathbf{B}_{inf}^c its complement in \mathbf{B} . Then, the set of reservation prices of buyers that are fundamental traders becomes:

$$Bid_B(\mathbf{x}_t) = \left\{ Bid_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t), Bid_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t) \mid \forall b_i \in \mathbf{B}_{inf}, \forall b_j \in \mathbf{B}_{inf}^c \right\}, \quad (65)$$

where the reservation price $Bid_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t)$ is based both on public and private information, and the reservation price $Bid_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t)$ is based only on public information.

We denote with \mathbf{M}_{inf} the set of technical traders that can observe θ_t , and with \mathbf{M}_{inf}^c its complement in \mathbf{M} . Then, the set of future price expectations of technical traders becomes:

$$E_M[Z_{t+dt}] = \left\{ E_{P_i}[Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t + \theta_t], E_{P_j}[Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t] \mid \forall m_i \in \mathbf{M}_{inf}, \forall m_j \in \mathbf{M}_{inf}^c \right\} \quad (66)$$

where the future price expectation $E_{P_i}[Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t + \theta_t]$ is based both on public and private information, and the expectation $E_{P_j}[Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t]$ is based only on public information.

The strategies of individuals that have access to both public and private information are conceptually identical to those of individuals who have only access to public information. Then, the demonstration of the arbitrage-free valuation paradox with asymmetric information logically follows from the main demonstration by substituting the new definitions of $Ask_S(\mathbf{x}_t)$, $Bid_B(\mathbf{x}_t)$ and $E_M[Z_{t+dt}]$.

□

In the presence of both public and private information, the strategies can be expressed as follows. For sellers that are fundamental traders, the strategy is to submit 'limited orders' of selling at no less than their subjective reservation price, determined as:

$$U_i \left(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - \mathbf{x}_t \right) = U_i(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i), \quad \forall s_i \in \mathbf{S}_{inf}, \quad (67)$$

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

and

$$U_j \left(\hat{r}_t^j + Ask_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^j - \mathbf{x}_t \right) = U_j(\hat{r}_t^j, \hat{\mathbf{x}}_t^j), \quad \forall s_j \in \mathbf{S}_{inf}^c, \quad (68)$$

where the reservation price $Ask_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t)$ is based on both public information \mathcal{F}_t and private information θ_t , and where $Ask_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t)$ is based on public information only.

For buyers that are fundamental traders, the strategy is to submit ‘limited orders’ of buying at no more than their subjective reservation price, determined as:

$$U_i \left(\hat{r}_t^i - Bid_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i + \mathbf{x}_t \right) = U_i(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i), \quad \forall b_i \in \mathbf{B}_{inf}, \quad (69)$$

and

$$U_j \left(\hat{r}_t^j - Bid_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^j + \mathbf{x}_t \right) = U_j(\hat{r}_t^j, \hat{\mathbf{x}}_t^j), \quad \forall b_j \in \mathbf{B}_{inf}^c, \quad (70)$$

where the reservation price $Bid_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t)$ is based on both public and private information, and where $Bid_j(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t)$ is based on public information only.

For technical traders who believe that $Equil(\mathbf{x}_t) \approx Z_t$, the strategy is to buy at the market-clearing price $Equil(\mathbf{x}_t)$ if the (subjective) expected price of \mathbf{x}_{t+dt} is higher than the market expectation:

$$E_{\mathcal{P}_i} [Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t + \theta_t] > E_{\mathcal{Q}} [Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t + \theta_t], \quad \forall m_i \in \mathbf{M}_{inf}, \quad (71)$$

and

$$E_{\mathcal{P}_j} [Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t] > E_{\mathcal{Q}} [Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t], \quad \forall m_j \in \mathbf{M}_{inf}^c, \quad (72)$$

where the future price expectation $E_{\mathcal{P}_i} [Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t + \theta_t]$ is based on both public and private information, and where $E_{\mathcal{P}_j} [Z_{t+dt} | \mathcal{F}_t]$ is based on public information only. Conversely, technical traders’ strategy is to sell at the market-clearing price $Equil(\mathbf{x}_t)$ if the (subjective) expected price of \mathbf{x}_{t+dt} is lower than the market expectation.

5 A solution to the Grossman-Stiglitz paradox

The Grossman-Stiglitz paradox states that, in an informationally efficient market, all relevant information is already reflected in market prices, thus no single agent would have sufficient incentive to acquire the information on which prices are based. For example, if this statement were correct, in a complete derivatives market there would be no incentive to forecast volatility, because future volatility would already be included in market prices of options.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

According to Grossman and Stiglitz, the conjecture would lead to the absence of a competitive equilibrium if additional costly information is available.²⁵ We intend to demonstrate that, within our framework, their assertion is not true.

Proposition 9. *In a market with fundamental and technical traders for the security \mathbf{x}_t , the availability of additional costly information does not prevent the market from reaching a competitive equilibrium.*

Proof. We start from the demonstration of the proposed theorem with asymmetric information, in sect. 4.6. Let X_t be a stochastic process on the measurable space (Ω, \mathcal{F}_t) representing the instant return produced by an asset \mathbf{x}_t at date $t \in [0, T]$, with:

$$\mathbf{x}_t = X_t + \mathbf{x}_{t+dt} = \theta_t + \epsilon_t + \mathbf{x}_{t+dt} \quad (73)$$

where θ_t and ϵ_t are respectively an observable and an unobservable random variable. We can interpret θ_t as a measurement of X_t with error ϵ_t . Let us suppose that the observation of θ_t is only possible at a cost c , while the public information \mathcal{F}_t is freely available. In the following, we expose the conditions for buying the private information θ_t for the different categories of traders.

A seller $s_i \in \mathbf{S}$ that is fundamental trader is willing to buy information θ_t at a cost c if it results:

$$\begin{aligned} U_i \left(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t) - c, \hat{\mathbf{x}}_t^i - \theta_t - \epsilon_t - \mathbf{x}_{t+dt} \right) &\geq \\ &\geq U_i \left(\hat{r}_t^i + Ask_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - X_t - \mathbf{x}_{t+dt} \right). \end{aligned} \quad (74)$$

A buyer $b_i \in \mathbf{B}$ that is fundamental trader is willing to buy information θ_t at a cost c if it results:

$$\begin{aligned} U_i \left(\hat{r}_t^i - Bid_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t + \theta_t) - c, \hat{\mathbf{x}}_t^i + \theta_t + \epsilon_t + \mathbf{x}_{t+dt} \right) &\geq \\ &\geq U_i \left(\hat{r}_t^i - Bid_i(\mathbf{x}_t | \mathcal{F}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i + X_t + \mathbf{x}_{t+dt} \right). \end{aligned} \quad (75)$$

A technical trader $m_i \in \mathbf{M}$ is willing to buy information θ_t at a cost c if it results either:

$$U_i \left(\hat{r}_t^i + Equil(\mathbf{x}_t) - c, \hat{\mathbf{x}}_t^i - \theta_t - \epsilon_t - \mathbf{x}_{t+dt} \right) \geq$$

²⁵ See Grossman and Stiglitz in [16], page 395, conjecture 6: in an informationally efficient market with costly information “prices convey all information, and there is no incentive to purchase information. Hence, the only possible equilibrium is one with no information. But if everyone is uninformed, it clearly pays some individual to become informed. Thus, there does not exist a competitive equilibrium.”

$$\geq U_i \left(\hat{r}_t^i + Equil(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i - X_t - \mathbf{x}_{t+dt} \right) \geq U_i \left(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i \right), \quad (76)$$

or

$$\begin{aligned} U_i \left(\hat{r}_t^i - Equil(\mathbf{x}_t) - c, \hat{\mathbf{x}}_t^i + \theta_t + \epsilon_t + \mathbf{x}_{t+dt} \right) &\geq \\ &\geq U_i \left(\hat{r}_t^i - Equil(\mathbf{x}_t), \hat{\mathbf{x}}_t^i + X_t + \mathbf{x}_{t+dt} \right) \geq U_i \left(\hat{r}_t^i, \hat{\mathbf{x}}_t^i \right). \end{aligned} \quad (77)$$

In the preceding equations, the stochastic term X_t is substituted with the sum $\theta_t + \epsilon_t$ in change of a decrease of c in certain current consumption. Please note that, with the payment of c , the term θ_t becomes observable and turns from stochastic to deterministic. Then, we can interpret the cost of information c as the insurance premium for reducing the stochastic component from X_t to ϵ_t .

At each time t , individuals choose whether buying or not the additional information; their choices depend on their subjective preferences and beliefs, expressed by their subjective expected utility function U_i . Once that decisions are made, we have a market with asymmetric information as described in section 4.6. Then, the demonstration of the arbitrage-free valuation paradox, when additional costly information is available, logically follows from proposition 8 and from the main demonstration in section 4.5.

□

The solution to the Grossman-Stiglitz paradox comes from the fact that its main premise is only partially true. In an informationally efficient market, all relevant information *is not* already reflected in market prices. Indeed, the market-clearing price fails to convey information from individuals whose orders are not executed. Clear examples within our framework are the market conditions of bubble and depression. Under market bubble conditions, the price function is independent from orders coming from buyers that are fundamental traders; see also formula (50). Similarly, under market depression conditions, the price function is independent from orders coming from sellers that are fundamental traders; see also formula (51).

6 The 2001-09 Boom and Burst of CDOs Market

The arbitrage-free valuation paradox may help to explain the boom of CDOs market between 2001-2007, in connection with the widespread use of the financial model known as Xi's *gaussian copula*, and its subsequent burst between 2008 and 2009.

In 2000 the quantitative analysts David X. Li proposed in [29] an elegant methodology for the arbitrage-free valuation of CDOs, called *copula function*, based on implicit default probabilities that were observable in the credit risk derivatives market. The availability of an arbitrage-free probability measure gave

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio.
Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

the opportunity to noise traders to enter in the market. Between 2001 and mid-2007 the market for collateralized default obligations (CDOs) had experienced an impressive growth; the global issuance of CDOs experienced a tenfold increase, with a peak of \$ 178 billions of global issuance in the second quarter of 2007.

As predicted by our model, the use of the copula function resulted in a initial improvement of market liquidity and, finally, in mispricing. Investor losses mounted and overwhelmed, among the others, Bear Stearns and Lehman Brothers. The crisis resulted in a mass rush for leaving the CDO market and in the temporary lack of a market-clearing price.

At the peak of the crisis, the market had temporarily difficulties to fix a clearing price. Only after government intervention²⁶ the market mechanism was restored. The CDO market almost vanished at the end of the subprime mortgage crisis when it fell to a minimum of \$ 0.57 billions of global issuance in the third quarter of 2009, with a two-years cumulative decrease of more than 99.5%.²⁷

7 Conclusions

In the present paper we have illustrated a paradoxical effect of arbitrage-free valuation on the price dynamics of a contingent claim, in an efficient market for a contingent claim that satisfies the fundamental theorem of asset valuation. In such market, the availability of a risk-neutral probability measure implies that the stochastic component of the price does follow a local martingale. This will result almost surely in a sequence of market periods separated by abnormal price adjustments towards the fundamentals (e.g. market crashes). Such abrupt movements have an endogenous explanation and will happen systematically. They can be followed by temporary zero trade volume and the lack of a market-clearing price.

The price adjustments are ‘abnormal’ in its probabilistic meaning, in the sense that they push the frequencies of price movements away from normal distribution. More specifically, the theorem implies that the distribution of price movements does not follow a random walk in the tails.

This conclusion contradicts the conjecture that, in an informationally efficient market with rational investors, prices should always follow a random walk. Thus, it implies that violations to the random walk hypothesis do not necessarily affect the existence of an efficient market. In the light of our results, a higher than normal frequency of extreme events like sudden market crashes (e.g. the Black Monday in 1987) or temporary lacks of market-clearing price (e.g. during the CDOs market crisis) can be explained from the perspective of efficient markets.

The paradox yields a number of surprisingly concrete implications in risk management. Firstly, price jumps may significantly affect the possibility of dy-

²⁶ See for example the Troubled Asset Relief Program (TARP) enacted by the United States government to purchase illiquid and difficult-to-value derivative instruments like CDOs from troubled financial institutions.

²⁷ Source: the Securities Industry and Financial Market Association. Data retrieved on September 3, 2010, from: <http://www.sifma.org/research/research.aspx?ID=10806>.

dynamic hedging, that is the continual monitoring and the frequent adjustment (ideally in the continuum) of the portfolio composition prescribed by the Black-Merton-Scholes methodology. Secondly, the risk-neutral valuation of derivatives may suffer a loss of relevance (i.e. failure to meet the information need of the user) as long as the market gets less informative in the Grossman-Stiglitz meaning. Following this point, we have proposed a solution to the Grossman-Stiglitz paradox on the value of information. Finally, even credit ratings may suffer this loss of relevance as long as rating agencies use risk-neutral probabilities in their models for evaluating the solvency of an institution.

References

1. Aumann, R. J. (1976): Agreeing to Disagree, *The Annals of Statistics*, Vol. 4, No. 6, pp. 1236–1239.
2. Aumann, R. J. (1987): Correlated Equilibrium as an Expression of Bayesian Rationality, *Econometrica*, Vol. 55, pp. 1–18.
3. Aumann, R. J. (1998): Common Priors: A Reply to Gul, *Econometrica*, Vol. 66, No. 4, pp. 929–938.
4. Black, F., Scholes, M. (1973): The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy*, Vol. 81, 3, pp. 637–654.
5. Chateauneuf, A., Wakker, P.P. (1993): From local to global additive representation, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 22, pp. 523–545.
6. Cox, J., Ross, S. (1976): A survey of some new results in financial option pricing theory, *Journal of Finance*, Vol. 31, No. 2, pp 383–402.
7. Debreu, G. (1959): *Theory of Value*, Wiley, New York.
8. Delbaen, F. (1992): Representing martingale measures when asset prices are continuous and bounded, *Mathematical Finance*, Vol. 2, 2, pp. 107–130.
9. Delbaen, F., Schachermayer, W. (1994): A general version of the fundamental theorem of asset pricing, *Mathematische Annalen*, Vol. 300, pp. 463-520.
10. Delbaen, F., Schachermayer, W. (1998): The fundamental theorem of asset pricing for unbounded stochastic processes *Mathematische Annalen*, Vol. 312, pp. 215-250.
11. Eberlein, E., Keller, U. Prause, K. (1998): New insights into smile, mispricing and value at risk: the hyperbolic model, *Journal of Business*, Vol. 71, pp. 371-406.
12. de Finetti, B. (1930): Funzione caratteristica di un fenomeno aleatorio, *Atti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei*, mem. IV, fasc. V, pp. 86-133.
13. de Finetti, B. (1931): Sul significato soggettivo della probabilità, *Fundamenta Mathematicae*, 17, pp. 298-329. [English translation: On the subjective meaning of probability, in [15], pp. 291–322.]
14. de Finetti, B. (1970): *Teoria della Probabilità*, Einaudi, Torino. [English translation: *Theory of Probability*, Wiley, New York, Vol. 1, 1974, and Vol. 2, 1975.]
15. de Finetti, B. (1993): *Probabilità e Induzione - Induction and Probability*, Clueb, Bologna, pp. 291–321. Available at: <http://diglib.cib.unibo.it/diglib.php?inv=35>.
16. Grossman, S., Stiglitz, J. E. (1980): On the Impossibility of Informationally Efficient Market *American Economic Review*, Vol. 70, pp. 393–408.
17. Gul, F. (1998): A Comment on Aumann’s Bayesian View, *Econometrica*, Vol. 66, No. 4, pp.923–927.
18. Harrison, J., Kreps, D. (1979): Martingales and arbitrage in multiperiod securities markets, *Journal of Economic Theory*, Vol. 20, pp. 381-408.

Alessandro Fiori, La crisi dei mutui *subprime* e le sue implicazioni nella gestione e regolamentazione del rischio. Tesi di dottorato in Diritto ed Economia dei Sistemi Produttivi, Università degli Studi di Sassari.

19. Harrison, M., Pliska, S. (1981): Martingales and stochastic integrals in the theory of continuous trading, *Stochastic Processes and their Applications*, Vol. 11, pp. 215-260.
20. Harsanyi, J. (1967–1968): Games of incomplete information played by Bayesian players, Parts I–III, *Management Science*, 14, pp. 159–182, 320–334, 486–502.
21. Haug, E.G., Taleb, N.N. (2008): Why we have never used the Black-Scholes-Merton option pricing formula, *Wilmott Magazine*, No. 1, pp. 72-79.
22. Heath, D. C., Jarrow, R. A. (1987): Arbitrage, Continuous Trading, and Margin Requirements *Journal of Finance*, Vol. XLII, No. 5, pp. 1129–1142.
23. Jaffray, J.Y. (1974): On the extension of additive utilities to infinite sets, *Journal of Mathematical Psychology*, Vol. 11, 4, pp. 431–452.
24. Jarrow, R. A., Protter, P. (2010): *The Martingale Theory of Bubbles: implications for the Valuation of Derivatives and Detecting Bubbles*, working paper, Johnson School Research Paper, Cornell University.
25. Jarrow, R. A., Protter, P. (2010): Asset price bubbles in in incomplete markets *Mathematical Finance*, Vol. 20, No. 2, pp. 145–185.
26. Kolmogorov, A.N. (1933): *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*, Springer, Berlin. [English translation: *Foundations of the Theory of Probability*, Chelsea, New York, 1950.]
27. Krantz, D.H., Luce, R.D., Suppes, P., Tversky, A. (1971): *Foundations of Measurement (Additive and Polynomial Representations)*, Vol. 1, Academic press, New York.
28. Kreps, D. (1981): Arbitrage and equilibrium in economies with infinitely many commodities, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 8, 1, pp 15–35.
29. Li, D. X. (2000): On Default Correlation: A Copula Function Approach, *Journal of Fixed Income*, Vol. 9, pp. 43–54.
30. Merton, R. (1973): Theory of rational options pricing, *Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol. 4, No. 1, pp. 141–183.
31. Morris, S. (1995): The Common Prior Assumption in Economic Theory, *Economics and Philosophy*, 11, pp. 227–253.
32. Protter, P. (1990): *Stochastic integration and differential equations: a new approach*, Springer-Verlag, Berlin.
33. Savage, L.J. (1954): *The Foundations of Statistics*, Wiley, New York.
34. Segal, U. (1991): Additively separable representations on non-convex sets, *Journal of Economic Theory*, Vol. 56, pp. 89–99.
35. Segal, U. (1994): A sufficient condition for additively separable functions, *Journal of Mathematical Economics*, Vol. 23, pp. 295–303.
36. Sondermann, D. (2006): *Introduction to stochastic calculus for finance: a new didactic approach*, Springer-Verlag, Berlin.
37. von Neumann, J., Morgenstern, O. (1944): *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, New Jersey.

A Main Theorems of Martingale Theory

Lemma 3 (Doléans-Dade exponential). Any price process $Z_t > 0$ can be represented via the stochastic exponential or the Doléans-Dade exponential $\mathcal{E}(L)_t$ defined as:

$$Z_t = \exp \left\{ L_t - \frac{1}{2} \langle L \rangle_t \right\} = \mathcal{E}(L)_t, \quad (78)$$

where $\langle L \rangle_t$ is the quadratic variation of L at time t , and:

$$L_t = \log Z_0 + \int_0^t Z_s^{-1} dZ_s. \quad (79)$$

By the stability property of stochastic integration, if Z_t is a continuous local martingale so it will be the Doléans-Dade exponential $\mathcal{E}(Z)_t$.

Proof. From the Itô integral:

$$\begin{aligned} \log Z_t &= \log Z_0 + \int_0^t Z_s^{-1} dZ_s - \frac{1}{2} \int_0^t Z_s^{-1} d\langle Z \rangle_s \\ &= L_t - \frac{1}{2} \langle L \rangle_t \quad \square \end{aligned} \quad (80)$$

Lemma 4 (Novikov condition). A sufficient condition for $\mathcal{E}(L)_t$ to be a martingale is:

$$E \left[\exp \left\{ \frac{1}{2} \langle L \rangle_t \right\} \right] < \infty, \quad \forall t. \quad (81)$$

For a stochastic process of the form:

$$Z_t = B_t + \int_0^t H_s ds, \quad (82)$$

where $(B_t)_{0 \leq t \leq T}$ is a Brownian motion with respect to P , the condition becomes:

$$E \left[\exp \left\{ \frac{1}{2} \int_0^T H_s^2 ds \right\} \right] < \infty, \quad (83)$$

with:

$$L_t = - \int_0^t H_s dB_s, \quad 0 \leq t \leq T. \quad (84)$$

Lemma 5 (Radon-Nikodym theorem). Let \mathcal{P} and \mathcal{Q} be equivalent probability measures on $(\Omega, \mathcal{F}_\infty)$, i.e. for any event A in the sample space it results:

$$\mathcal{Q} \sim \mathcal{P} \implies \mathcal{P}(A) > 0 \iff \mathcal{Q}(A) > 0, \quad \forall A \in \mathcal{F}_\infty. \quad (85)$$

According to the Radon-Nikodym theorem, there exists an integrable process D on $(\Omega, \mathcal{F}_\infty)$ such that:

$$\mathcal{Q} = D\mathcal{P} \implies \mathcal{Q}[A] = \int_A D(\omega) \mathcal{P}(d\omega), \quad \forall A \in \mathcal{F}_\infty. \quad (86)$$

D is the Radon-Nikodym derivative, which is defined as the derivative of Q with respect to \mathcal{P} :

$$D = \frac{dQ}{dP} \implies D_t = E_{\mathcal{P}} \left[\frac{dQ}{dP} \middle| \mathcal{F}_t \right]. \quad (87)$$

Let Z_t be an \mathcal{F}_t -adapted process. From (86) and (87), it results:

$$E_{\mathcal{Q}}[Z_t] = E_{\mathcal{P}} \left[\frac{dQ}{dP} Z_t \right] \implies E_{\mathcal{Q}}[Z_t | \mathcal{F}_s] = E_{\mathcal{P}}[D_t Z_t | \mathcal{F}_s] = D_s^{-1} E_{\mathcal{P}}[D_t Z_t | \mathcal{F}_s] \quad (88)$$

Let $\mathcal{M}_{loc}^c(\cdot)$ be the set of all continuous local martingales with respect to a given probability measure. Then, for $Q \sim \mathcal{P}$, it results:

$$Z \in \mathcal{M}_{loc}^c(Q) \iff ZD \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{P}) \quad (89)$$

Theorem 2 (Girsanov). Let \mathcal{P} and Q be equivalent probability measures, i.e. $Q \sim \mathcal{P}$. Let also be $Q = \mathcal{E}(D)\mathcal{P}$, where $\mathcal{E}(\cdot)$ is a Doléans-Dade exponential and D is the Radon-Nikodym derivative of Q with respect to \mathcal{P} . Then, for a continuous local martingale M with respect to \mathcal{P} , it results:

$$M \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{P}) \iff M^* = M - \langle M, D \rangle \in \mathcal{M}_{loc}^c(Q), \quad (90)$$

where $\langle M, D \rangle$ is the covariation of M and D . It also results:

$$\mathcal{P} = \mathcal{E}(-D^*)Q, \quad (91)$$

with $D^* = D - \langle D \rangle$ and:

$$D \in \mathcal{M}_{loc}^c(\mathcal{P}) \iff D^* \in \mathcal{M}_{loc}^c(Q). \quad (92)$$

B Applications to Arbitrage-free Pricing

Definition 5 (Itô process under \mathcal{P}). The price process $Z_t > 0$ of an arbitrarily security without dividend payments in $[0, T]$ is defined as an Itô process under \mathcal{P} if it results:

$$\frac{dZ_t}{Z_t} = \mu_Z(t) dt + \sigma_Z(t) dB_t, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (93)$$

where $\mu_Z(t)$ and $\sigma_Z(t)$ are adapted process on $(\Omega, \mathcal{F}_t, P)$ and $(B_t)_{0 \leq t \leq T}$ is a Brownian motion with respect to P .

Note that every strictly positive diffusion process can be written as an Itô process by taking its logarithm.

Definition 6 (spot rate and accumulation process). Let $r(t) = r(t, \omega)$ be an adapted and bounded process of the spot interest rate. Then, we define the accumulation process $\beta(t)$ as:

$$\beta(t) = \beta(t, \omega) = \exp \int_0^t r(s, \omega) ds. \quad (94)$$

$\beta(t)$ is an adapted continuous process of finite variation, and represents the ‘savings’ obtained by rolling over one monetary unit at the prevailing spot rate.

Definition 7 (market price of risk). We define the market price of risk as the adapted process $\lambda(t)$ such that:

$$\mu_Z(t) = r(t) + \lambda(t)\sigma_Z(t) \quad (95)$$

Note that the ‘no arbitrage’ condition implies that the market price of risk must be the same for all traded securities.

Theorem 3 (martingale equivalent measure representation). Assume that the Novikov condition

$$E \left[\exp \left\{ \frac{1}{2} \int_0^T \lambda(s)^2 ds \right\} \right] < \infty, \quad (96)$$

with:

$$L_t = - \int_0^t \lambda(s) dB_s, \quad 0 \leq t \leq T, \quad (97)$$

is fulfilled. Then, according to (78), there exists a martingale equivalent measure \mathcal{Q} such that:

$$\mathcal{Q} = \mathcal{E}(L) \cdot \mathcal{P}, \quad \mathcal{Q} \sim \mathcal{P}. \quad (98)$$

For each security price process Z_t , from (93) and (95) it results:

$$\frac{dZ_t}{Z_t} = \mu_Z(t)dt + \sigma_Z(t)dB_t = r(t) dt + \sigma_X(t)(dB_t + \lambda(t) dt). \quad (99)$$

The price process under \mathcal{P} in (98) have a simpler representation under \mathcal{Q} . According to the Girsanov theorem, it then results:

$$\frac{dZ_t}{Z_t} = \mu_Z(t) dt + \sigma_Z(t) dB_t^*, \quad (100)$$

where B_t is a Brownian motion under \mathcal{Q} .

Theorem 4. The discounted process:

$$\hat{Z}_t = \exp \left\{ - \int_0^t r(s, \omega) ds \right\} Z_t = \frac{Z_t}{\beta_t} \quad (101)$$

is a martingale under the risk-neutral measure \mathcal{Q} .

Theorem 5 (arbitrage-free fundamental pricing rule). The price process Z_t can be estimated under the risk-neutral measure \mathcal{Q} as:

$$Z_t = E_{\mathcal{Q}} \left[\exp \left\{ - \int_t^T r(s, \omega) ds \right\} Z_T \mid \mathcal{F}_t \right] = E_{\mathcal{Q}} \left[\frac{\beta_t}{\beta_T} \mid \mathcal{F}_t \right], \quad 0 \leq t \leq T. \quad (102)$$